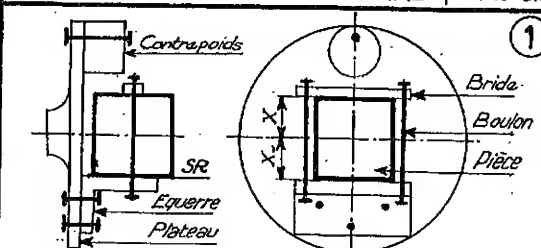
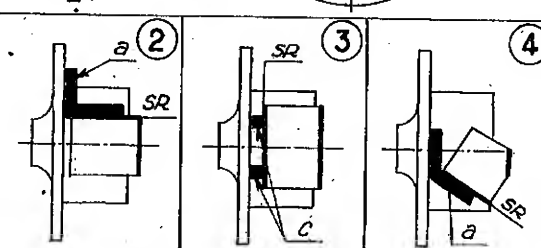


Spécifications: Etat. général ~ sauf V-VV —
Tol. gén. ± 0,1. Parallélisme axe et face A. — (Tol ± 0,05)

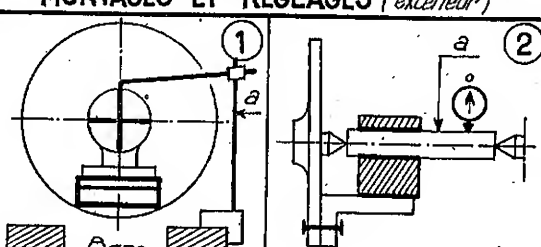
PORTE-PIÈCE SPÉCIAL (cliché S.O.M.U.A.)



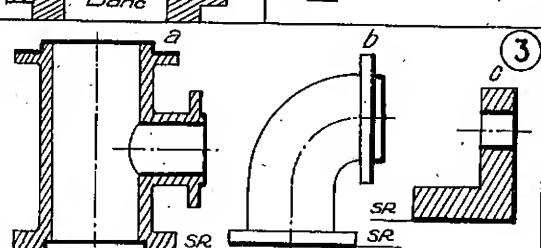
III
1. Montage de la pièce
2. Dressage de 2 faces
1.
a. équerre d'ajusteur
3. Dressage de 2 faces //
c. cales identiques.
4. Dressage de 2 faces obliques
a. calibre



MONTAGES ET RÉGLAGES (extérieur)

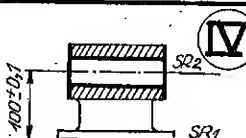
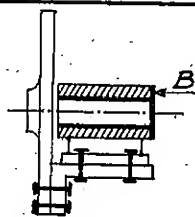


V
1. Réglage suivant tracé
a. trusquin
2. Réglage d'après alésage
a. broche
3. Pièces d'exécution analogue
a. Tête de fraiseuse verticale
b. Raccord
c. Support



MONTAGES ET RÉGLAGES (intérieur)

SUPPORT DE PALIER

GAMME D'USINAGE				N°					
Elément	Support	Dessin	91	Rep.	4				
Organe	Commande	Mat.	Ponté	Nb.	2				
Ensemble	Gruie								
Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tb.	Im		
1	Ajustage - tracer sur dé.								
2	Rabotage en état serré sur Ø 70 dresser face A								
3	Tournage. en plateau sur équerre. - dresser face B - aléser Ø 35 ^{H7}		A.R. 13.D. 130.0.A.10 A.F. 35	Tracé. Tampon 35 ^{H7}	30'	4,61 12,06			
4	Tournage retourner la pièce. - dresser face C - gorges de 5 rainures de 3	- d° -	A.R. 13.D 25 D.A.8 37 D.A.8	RàC. Réglet. Tracé.	30'	1,61 2,76 21'			
5	Ajustage pous Ø 8 - abaisser								
					Totaux	60'	42,24		

Nota: L'étude ci-dessus est une gamme incomplète.

Le montage sur équerre convient pour usiner certaines pièces dont l'axe de révolution est parallèle à une surface d'appui (SR ou SD).

1. PRINCIPE A OBSERVER

Placer et maintenir en positions parallèles les surfaces de références et l'axe des surfaces à réaliser.

Montage de l'appareillage (fig. III, 1). L'équerre de montage est fixée sur le plateau à trous par des boulons. Avant le montage : s'assurer au comparateur que la face du plateau de tour ne « voile pas » ; vérifier l'équerre sur un marbre (angle 90°).

Montage de la pièce. Après bridage s'assurer que la position géométrique de la pièce sur l'équerre est correcte (orientation et distance de l'axe à la SR).

Équilibrage. Cette opération doit être particulièrement soignée afin d'éviter défauts et accidents (broutement, ovalisation, risque de rupture du plateau). Fixer sur le plateau un ou plusieurs contrepoids à l'opposé de la charge maximum, jusqu'à obtention de l'équilibre. Pour vérifier que le balourd est nul, débrayer la broche, faire tourner le plateau à la main plusieurs fois ; il ne doit jamais s'arrêter au même endroit (équilibre indifférent).

2. PRINCIPALES OPÉRATIONS DE RÉGLAGE POUR TOURNAGE EXTÉRIEUR

Dressage d'une face perpendiculaire à une autre (fig. III, 1). Régler l'équerre sur le plateau à mi-épaisseur de la pièce ; la face à usiner doit dépasser de 1 cm environ la face avant de l'équerre.

Dressage d'une face perpendiculaire à deux autres (fig. III, 2). Régler la pièce sur l'équerre avec une équerre d'ajusteur dont un champ est appliqué contre le plateau et l'autre sur l'une des surfaces déjà usinées de la pièce (SR).

Dressage d'une face perpendiculaire à une deuxième et parallèle à une troisième (fig. III, 3).

Interposer deux cales identiques c entre SR plateau et pièce.

Dressage d'une face perpendiculaire à une deuxième et oblique à une troisième (fig. III, 4).

On peut utiliser un calibre d'angle, une fausse-équerre, une équerre-sinus, un rapporteur d'angles.

3. RÉALISATION D'UN ALÉSAGE PARALLÈLE A UNE SURFACE SR (fig. V, 1).

Réglage de l'équerre en position sur le plateau (Voir 8^e leçon). Monter :

Un cylindre étalon entre pointes ou un mandrin centreur à la place de la pointe vive ou un cochonnet centré sur le plateau. Contrôler au comparateur le centrage (faux-rond ≤ 10 µ).

Le cochonnet offre la meilleure solution, car il peut rester monté et permettre des vérifications ultérieures. De plus le réglage de l'équerre peut s'effectuer sur plateau démonté.

Montage des pièces (fig. V, 1). Parfois les pièces sont préalablement tracées. Dans ce cas, faire plaquer les SR équerre-pièce et utiliser un trusquin avec pied à talon pour

régler la pièce dans le plan axial perpendiculaire à la SR de l'équerre. Contrôler et brider. (S'assurer s'il n'y a pas eu de glissement.)

4. PRÉCAUTIONS

Les montages sur équerres sont dangereux. Se tenir sur le côté droit en arrière de la tourelle porte-outil. Dans les travaux comportant du balourd, réduire la vitesse de coupe à $V = 0,5 V_0$. Le tour ne doit pas être arrêté brutalement (le plateau fileté risquerait de se dévisser).

5. REPRISE SUR ÉQUERRE D'UNE PIÈCE DONT L'ALÉSAGE EST USINÉ (fig. V, 2)

Utiliser un mandrin cylindrique rectifié de diamètre identique à celui de l'alésage. Le monter et vérifier au comparateur qu'il se trouve en position de réglage cylindrique ; régler l'équerre (entraxe précis). Monter la pièce sur le mandrin et la fixer sur l'équerre. Contrôler au comparateur en deux sections que l'alésage « tourne rond », puis effectuer l'opération de coupe.

6. GAMME D'USINAGE (fig. IV)

Variations éventuelles des procédés pour pièces semblables.

Suivant dimensions. La pièce choisie mesure 160 × 110 × 135 ;

Pour pièce plus petite : même procédé ;
Pour pièce plus grande : différents procédés peuvent convenir. Emploi de grands plateaux et équerres, donc usinage sur tour en l'air, tour vertical ou aléuseuse.

Nota. — Ce travail peut s'exécuter sur tour parallèle transformé en aléuseuse (pièce montée sur le trainard), alésage exécuté par barre d'alésage montée dans le nez de broche.

Suivant quantité. La gamme proposée convient pour une petite série. Au-delà de deux pièces, les rainures se feront sur mortaiseuse. Les grandes séries justifient l'emploi du tour revolver (pièces moyennes) ou de l'aléuseuse (grosses pièces).

Observations sur la conduite du travail.

Employer si possible pour le montage sur équerre les trous venus de fonderie. Exécuter les pièces en série ;

Le rainurage est fait après le dressage de la face C ; immobiliser la broche pendant cette opération et prévoir deux butées sur le banc à gauche et à droite du trainard.

Exécution.

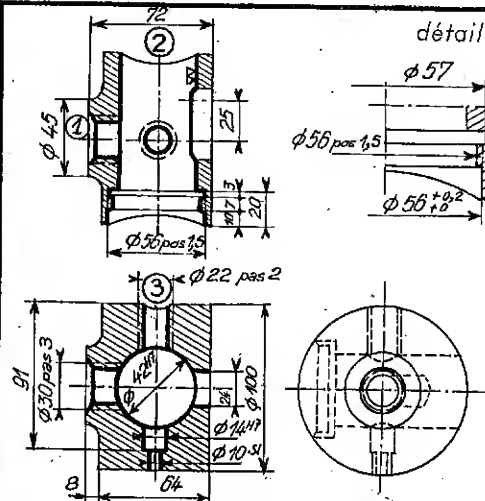
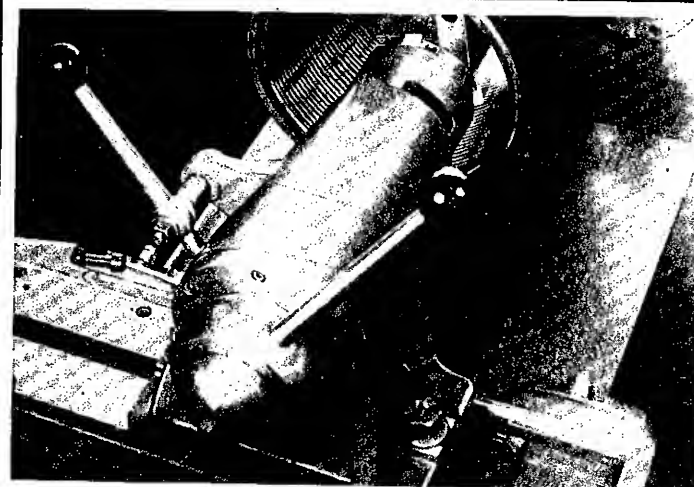
Phase 3/5.

Positionner l'équerre (entraxe 100) ; monter la pièce sur l'équerre et serrer légèrement. Dégauchir la pièce au trusquin suivant tracé. Bloquer la pièce et contrôler au trusquin. Equilibrer. Dresser la face B suivant tracé. Effectuer une première passe dans l'alésage (Ø 34,5). Effectuer une deuxième passe dans l'alésage (Ø 34,9). Amorcer la finition à l'alésoir (Ø 35) et s'assurer au départ qu'il respecte la tolérance H7, puis effectuer la passe. Vérifier au tampon de 35 H7 l'alésage terminé.

Phase 4/5.

Retourner la pièce. Mettre une broche cylindrique de Ø 35 dans l'alésage et monter l'ensemble entre-pointes. Positionner la SR (A) sur l'équerre et brider la pièce. Dresser la face C. Mettre à longueur 120. Effectuer les gorges de 5, puis les rainures de 3 à 120° suivant tracé.

Planche 23 LE TOURNAGE DES PIÈCES A PLUSIEURS AXES PERPENDICULAIRES



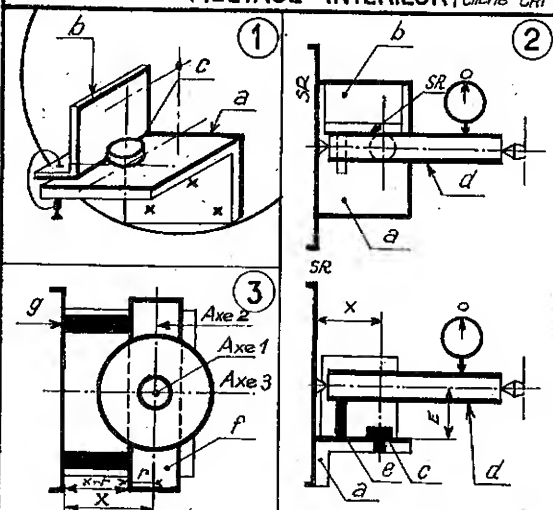
II

Spécifications

V Usiné
partout.
Ac.R = 70 kg.
Perpendicularité
des axes
(Tol. $\pm 30^\circ$)
Tournage
des axes
2 et 3.
Tol. gén.
 $\pm 0,1$.

FILETAGE INTÉRIEUR (cliché ORI-DAN)

PORTE-OUTIL D'ALÉSAGE

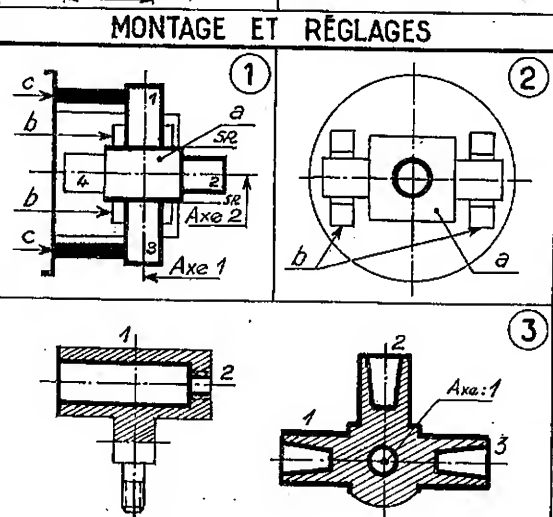


III

1. Positions des
équerres -
a. principale
b. auxiliaire
c. cochonnet
2. Réglage
d. cylindre-étalon
e. cale-étalon
3. Pivotement
de 90° sur axe 1.
f. broche
g. cale-étalon

GAMME D'USINAGE		N° 1/8		1 (SR1)		2 (SR2)	
Élément	Longs	Dessin	312	Repère	B	1	2
Organe	Mat.	Ac. dur.	Nb.	1	1	1	1
Ensemble Porte-outil		Croquis		Outils		Contrôle	
Ph.	Désignation	Croquis		Outils	Contrôle	Tp.	Tc/m
1	axe n° 2 Tournage sur épaule - percer $\phi 40$ - aléser $\phi 42$ - aléser $\phi 54,05$ - aléser $\phi 56,02$ - gorge de 3 - fileter $\phi 56 \times 1,5$ SI			A.R F. 40 13.6.D 14.D 14.D 28.D 36.D	Tampou 42 H7 PàC. Réglat Tampou 56x1,50	30°	7,88 13,96 4,48 1,73 1,48 4,83
2	axe n° 3 Faire pivoter de 90° sur 1. - percer $\phi 12,5$ - aléser $\phi 14$ - aléser $\phi 18,4$ - fileter $\phi 22 \times$ 2,00 SI			F. 12,5 14.6AB A.F. 14 14-6A.10 36 6A.10	Tampou 14 H7 PàC. Tampou 22x2,00	15°	2,78 6,16 1,58 4,72
3	axe n° 3 Faire pivoter de 180° sur 1. - percer $\phi 8,25$ - tarauder $\phi 10 \times 1,50$ SI.			F. 8,25 Tarauds 10x1,50 Tourné gauche	tampou 10x1,50	15°	0,63 1

Nota: L'étude ci-dessus est une gamme partielle.



V

1. Croisillon
a. pièce
b. vés
c. cales-étalons
2. Tourillon
(alésage)
a. pièce
b. vés
3. Pièces
d'exécution
analogue.

MONTAGES ET PIÈCES (axes 1)

23^e LEÇON

LE TOURNAGE DES PIÈCES A PLUSIEURS AXES PERPENDICULAIRES

Voir planche 23,
ce fasc., 22^e leçon

Le montage sur équerre convient pour le tournage de certaines pièces à plusieurs axes perpendiculaires ou orthogonaux.

1. PRINCIPE A OBSERVER

Exécuter par groupe les surfaces concentriques aux différents axes. Au cours de ces opérations, l'équerre, fixée elle-même sur le plateau, permet de placer et de maintenir en position correcte (perpendiculaire ou parallèle) les divers axes et SR.

2. MONTAGE DE L'ÉQUERRE (fig. III, 1)

Cas d'une pièce à 3 axes perpendiculaires.

L'équerre a est préparée pour recevoir un cochonnet c épaulé au diamètre exact de l'alésage déjà réalisé sur la pièce (pièce fig. II, axe n° 1).

Réglage. Utiliser une deuxième équerre auxiliaire b et un cylindre étalon d de même diamètre que le cochonnet c (effectuer les manipulations à deux opérateurs de préférence).

1° Monter le cylindre étalon d entre pointes (en position précise de réglage cylindrique).

2° Monter le cochonnet c de centrage sur l'équerre a.

3° Monter l'équerre b auxiliaire sur a, en butée sur le cochonnet c (la fixer provisoirement avec un serre-joint) (fig. III, 1).

4° Monter l'ensemble sur le plateau (fig. III, 2) et faire plaquer : les SR de a et du plateau; la SR de b sur d et c (pivotement autour du cochonnet c);

Bloquer le serre-joint (l'axe du cochonnet est dégauchi dans un plan perpendiculaire à l'axe de la broche).

5° Placer a à distance d'entraxe E avec cale-étalon e.

6° Fixer l'ensemble au plateau par bridage de l'équerre a;

7° Contrôler les opérations 4 et 5 (équerre auxiliaire en butée sur d et c, entraxe E).

8° Relever la distance de l'axe du cochonnet c à la SR du plateau par cales étalons pour utilisation ultérieure (chapitre 4). Démontez le cylindre étalon d et l'équerre auxiliaire b.

3. MONTAGE DE LA PIÈCE

La monter sur le cochonnet c;

La dégauchir suivant sa forme extérieure (voir 22^e leçon);

La fixer sur l'équerre a par brides et boulons.

4. RÉALISATION D'UNE PIÈCE A TROIS AXES PERPENDICULAIRES (alésages) (fig. II)

Réalisation de l'axe principal 1. Il est exécuté en mandrin ainsi que la SR perpendiculaire.

Réalisation de l'axe 2. Monter et fixer la pièce sur le cochonnet c. Exécuter toutes les surfaces concentriques à cet axe (sans démontage de la pièce).

Réalisation de l'axe 3 (fig. III, 3). Introduire dans l'alésage de l'axe 2 une broche calibrée. Faire pivoter la pièce de 90° autour de l'axe 1. (Utiliser un jeu de cales.)

Bridier la pièce. Contrôler le parallélisme entre l'axe 2 et la SR du plateau (broche calibrée et cales-étalons g).

Exécuter les opérations se rapportant à l'axe 3.

Remarque : Si la pièce possède des alésages borgnes (fig. V, 3) trois pivotements de 90° sur l'axe 1 sont nécessaires.

5. RÉALISATION DES PIÈCES A DEUX AXES (cylindrage extérieur genre croisillon à quatre bras) (fig. V, 1)

Axe 1. Les bras 1 et 3 sont tournés soit :

a) Entre pointes : après traçage, pointage et perçage des centres bien en ligne;

b) En mandrin à trois mors : l'ébauche du bras 1 se fait sur pièce serrée par le bras 3 en mors durs. Le bras 1 est repris en mors doux pour l'ébauche du bras 3. Finir de préférence les bras 1 et 3 entre pointes et au même diamètre.

Axe 2. Les bras 2 et 4 sont tournés séparément (la pièce montée sur équerre).

Montage de la pièce.

1° Régler l'équerre à hauteur voulue;

2° Poser les bras 1 et 3 sur des vés;

3° Régler les bras 1 et 3 parallèles à la SR du plateau (cales-étalons identiques sous chaque bras);

4° Faire buter les vés sur les SR des bras 1 et 3;

5° Fixer les vés sur l'équerre;

6° Brider légèrement la pièce sur les vés;

7° Centrer le bras 2 à tourner (par légères rotations de la pièce sur les vés et par glissement de ceux-ci sur l'équerre);

8° Contrôler le montage : bras 1 et 3 parallèles à la SR du plateau, vés en butée et centrage du bras 2 (comparateur);

9° Assurer le bridage définitif sur les bras 1, 3, 4 et les vés. Contrôler à nouveau et équilibrer l'ensemble.

Exécution du bras 2. Usiner le bras 2 entièrement (pour respecter la concentricité) en l'air ou en montage mixte.

Exécution du bras 4.

1° Faire pivoter la pièce de 180° sur les vés (conserver les mêmes SR en butée);

2° Placer un vés ou une cale sous le bras 2 donnant même hauteur que l'axe 1 par rapport à l'équerre (le bras 2 est dégauchi et centré);

3° Brider la pièce sur les bras 1, 3 et 2;

4° Usiner le bras 4 entièrement.

6. RÉALISATION DES PIÈCES A TROIS AXES (cylindrage extérieur genre croisillon à trois bras) (fig. V, 3)

Axe 1. Axe central exécuté en plateau.

Axes 2 et 3. Monter un cochonnet sur l'équerre. Les bras 1, 2 et 3 seront exécutés séparément par pivotements successifs de 90° autour de l'axe 1 (voir § 4, C).

7. RÉALISATION DES PIÈCES AYANT UN AXE DE TOURILLON ET UN AXE D'ALÉSAGE PERPENDICULAIRES (fig. V, 2)

Axe de tourillon (axe principal). Il est exécuté entre pointes (voir § 5, A).

Axe d'alésage. Il peut être tracé sur la pièce ou matérialisé par un bouton de centrage (voir leçon n° 21).

Réglage :

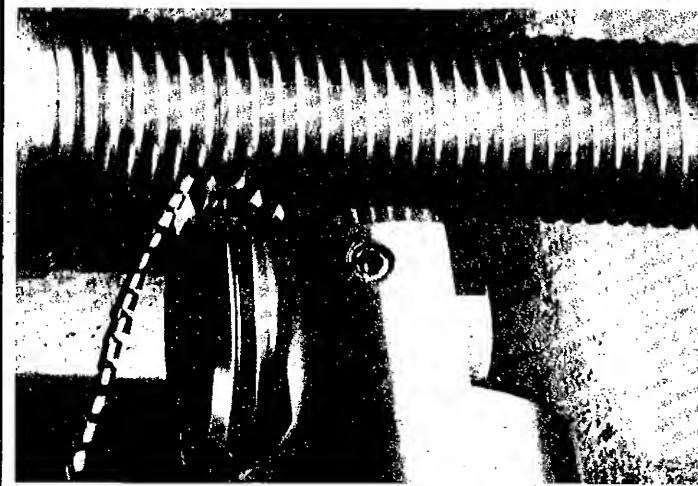
1° Monter les bras sur des vés et bloquer légèrement;

2° Centrer la pièce sur le plateau (éventuellement d'après son tracé ou d'après le bouton de centrage);

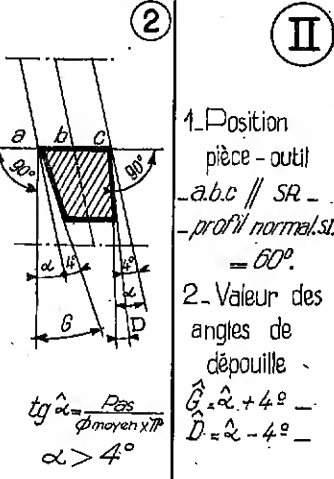
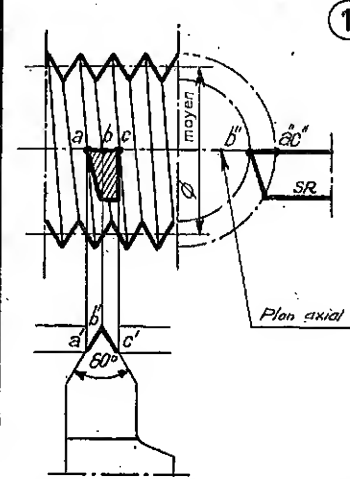
3° « Dévoiler » la face;

4° Assurer le blocage et vérifier à nouveau le centrage définitif, puis effectuer l'alésage.

8. GAMME D'USINAGE (fig. IV).



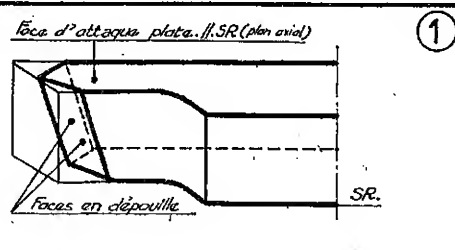
MOLETTE DE FILETAGE S.I. (diché S.L.)



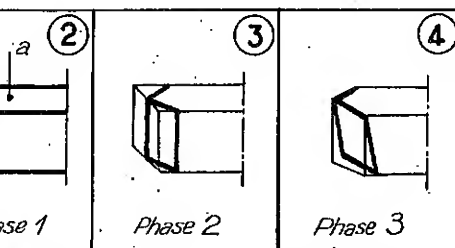
II

MOLETTE DE FILETAGE S.I. (diché S.L.)

RECHERCHE DES ANGLES DE DÉPOUILLE

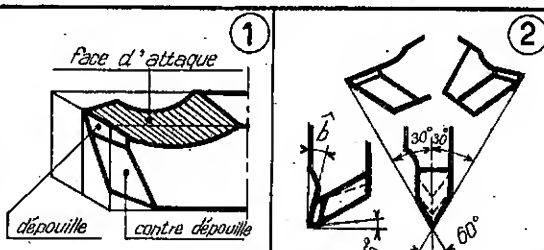


1. Exécution
(outil de
finition)

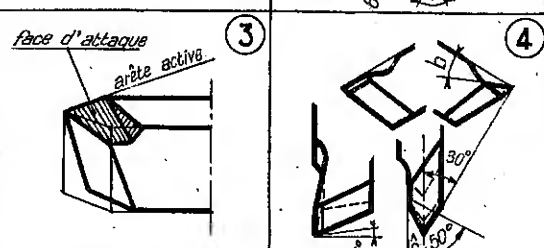


2. Prisme
capable -
et face a -
3. Profil
d'arête (60°)
4. Dépouille
des flancs

AFFÛTAGE (Outil à pénétration normale)



1.2. Outil
à pénétration
normale
à pente d'affûtage
vers l'arrière



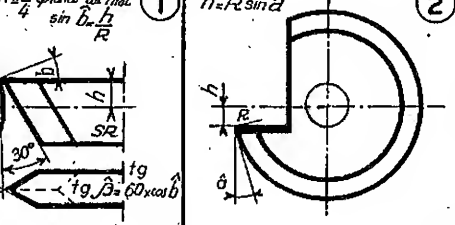
3.4. Outil à
pénétration oblique
(à pente latérale)

OUTILS S.I. A PENTE D'AFFÛTAGE

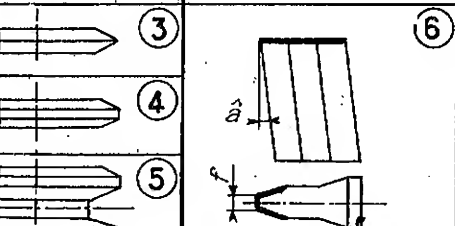
3. Outil
à gauche
4. Outil
à droite.
(N.E.E. 55336)

AFFÛTAGE (Outil à pénétration normale)

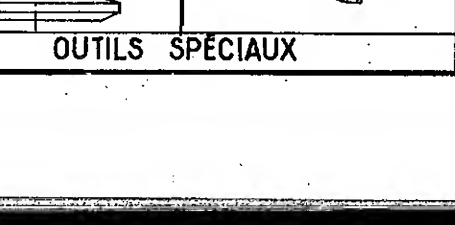
OUTILS S.I. A PENTE D'AFFÛTAGE



1. Outil à
pénétration au
dessus de l'axe.

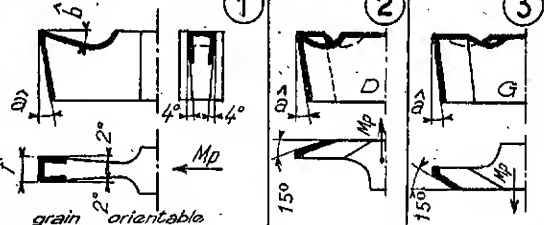


2. Outil molette
(profil constant)

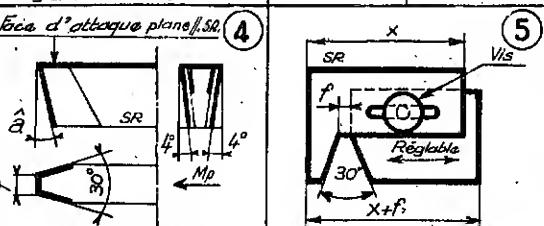


3. Triangulaire
simple

OUTILS SPÉCIAUX



1. Outil ébauche
(arête active frontale)



2.3. Outils à
pente latérale



3. Outil
à gauche
4. Outil de
finition
pénétration normale

OUTILS POUR FILETAGE TR.

5. Calibre
d'affûtage

L'exécution rapide et correcte des filetages dépend principalement du soin apporté à la réalisation des outils à fileter.

1. PRINCIPE A OBSERVER

La partie active de l'outil engendre un filetage de section déterminée suivant un plan axial (NF.E. 03.001) (NF.E. 03.002).

L'arête de l'outil située dans ce plan axial en épouse le contour totalement ou par fractions successives. Les faces du bec de l'outil sont dépouillées au voisinage de l'arête ($\alpha = 4$ à 6°) par rapport aux flancs du filet, eux-mêmes inclinés suivant l'hélice ($\alpha = \text{angle d'hélice}$ $\tan \alpha = \frac{\text{pas}}{\phi \text{ moyen} \times \pi}$).

Lorsque le pas est rapide ($\alpha > 4^\circ$) afin d'éviter le talonnage de l'outil contre les filets produits, il faut pratiquer sur le talon du bec une contre-dépouille supplémentaire.

2. TYPES D'OUTILS A FILETER (NF.E. 66.336) (voir leçon n° 29).

On distingue :

- Les outils monoblocs (droits ou déportés **D** ou **G**);
- Les outils à grain ajusté (serrage par vis ou clavette);
- Les outils à pastille brasée;
- Les outils à profil constant (prismatiques ou circulaires).

3. OUTILS (AR) POUR FILETAGE SI

Leur forme active varie suivant le mode de pénétration choisi et la nature du métal à fileter.

Outils à pénétration normale. Suivant le métal usiné il faut :

Un outil à pente d'affûtage nulle ($\hat{b} = 0^\circ$) (fig. III, 1).

La surface d'attaque est plane, parallèle à la **SR** de base de l'outil. Elle est située dans le plan axial du filetage et son arête est conforme au profil à produire.

Les flancs sont dépouillés latéralement ($40^\circ 30' \pm \text{angle d'hélice}$). Cet outil ne permet pas de couper de fortes passes (ses deux arêtes travaillent ensemble et risquent d'arracher sur les flancs). Il convient cependant pour les filetages précis (à gauche ou à droite, extérieur ou intérieur).

Un outil à pente vers l'arrière (fig. IV, 1).

Il peut être très avantageux d'utiliser des outils à fileter travaillant avec une forte pente \hat{b} vers l'arrière, mais alors le profil de l'arête coupante qui n'est plus dans le plan axial doit être corrigé pour éviter toute erreur de forme. Cette erreur est parfois tolérable pour les filetages à pas fins ($p < 2$ mm). Néanmoins les outils à pente vers l'arrière sont surtout réservés à l'ébauche rapide des filetages.

Outil à pénétration oblique (fig. IV, 3).

L'outil coupe par une seule arête tranchante (celle de gauche pour un pas à droite) parallèle à la **SR** de base de l'outil et située dans le plan axial du filetage. L'arête coupe normalement sur toute sa longueur (comme un outil-couteau). L'angle du profil doit être égal (finition) ou inférieur (ébauche des gros pas) à celui du filet à réaliser. Seule l'arête tranchante est orientée. La surface d'attaque possède alors un angle de pente latéral variable suivant la nature du métal à fileter. Cette surface est plane ou parfois creuse (coupe cuillère) afin de faciliter la coupe.

Outil à pénétration conjuguée. Utiliser :

A l'ébauche. Un outil à pente latérale avec ou sans pente vers l'arrière \hat{b} (suivant le métal à couper).

En finition. Un outil identique à ceux employés en pénétration normale.

Outil à pénétration au-dessus de l'axe (fig. V, 1) (pour filetage extérieur). La surface d'attaque est plane, parallèle à la **SR** de base de l'outil et montée au-dessus du plan axial de la quantité ($h = 1/4 \phi$ fond de filet).

Les surfaces en dépouille sont inclinées de 60° sur le plan de base. Tenir compte de l'inclinaison de l'hélice.

L'angle du profil varie suivant le diamètre et le pas réalisé (voir fig. V, 1). Pratiquement (à l'ébauche) un angle de 55° (pour filetage **SI**) convient, mais en finition il faut calculer et affûter l'outil à l'angle convenable corrigé.

Remarque : Tous les outils à pénétration normale ou oblique conviennent pour le filetage intérieur mais avec des angles de dépouille plus élevés ($\hat{\alpha} = 6$ à 15°). Le talon de l'outil doit être fortement détalonné, surtout pour les petits alésages (< 30 mm.).

Outils à profil constant. Montés sur porte-outils spéciaux, ils sont utilisés en pénétration normale ou en pénétration conjuguée. Les réaffûtages se font sur la surface d'attaque qui reste généralement plane et parallèle à la **SR** de base ou à l'axe du porte-outil afin de ne pas modifier l'angle du profil.

Outils droits prismatiques (fig. V, 6). Confectionnés dans un barreau par fraisage, traitement thermique et rectification à la forme du profil, ils ne permettent que le filetage extérieur.

Outils circulaires (molettes) (fig. V, 2). Ce sont des disques tournés, traités et rectifiés au profil désiré qui conviennent pour le filetage extérieur et intérieur (> 20 mm).

La surface d'attaque est obtenue par meulage (un calibre spécial permet de vérifier la position par rapport à l'axe). On distingue :

1^o Les molettes simples (fig. V, 3 et 4). Les deux arêtes tranchantes coupent les deux flancs d'un même sillon.

2^o Les molettes doubles (fig. V, 5). Les deux arêtes tranchantes coupent deux flancs symétriques distants de $1,5 p$ (mesuré sur cylindre moyen), (molette genre SL).

On évite ainsi l'arrachement des flancs usinés.

Remarques : Ce genre de molette convient également pour les vis à plusieurs filets. Ceux-ci se trouvent usinés simultanément (le nombre d'arêtes tranchantes est double du nombre de filets).

3^o Les molettes à filets multiples ou peignes. Elles travaillent sur plusieurs filets et possèdent un cône d'entrée comme un taraud (le filetage est réalisé en quelques passes). Le porte-outil peut s'incliner à l'angle de l'hélice α , il possède dans ce but une graduation angulaire.

4. OUTILS POUR FILET TRAPÉZOÏDAL

Ce sont généralement des outils à grain ajusté à une, deux ou trois arêtes coupantes (fig. VI, 1 - VI, 2 - VI, 3 - VI, 4).

5. AFFÛTAGE DES OUTILS A FILETER

Il peut se faire à la main ou sur affûteuse.

1. Vérifier que le profil du bec tient dans l'échantillon fourni.

2. Meuler la forme du profil (face perpendiculaire au plan de base).

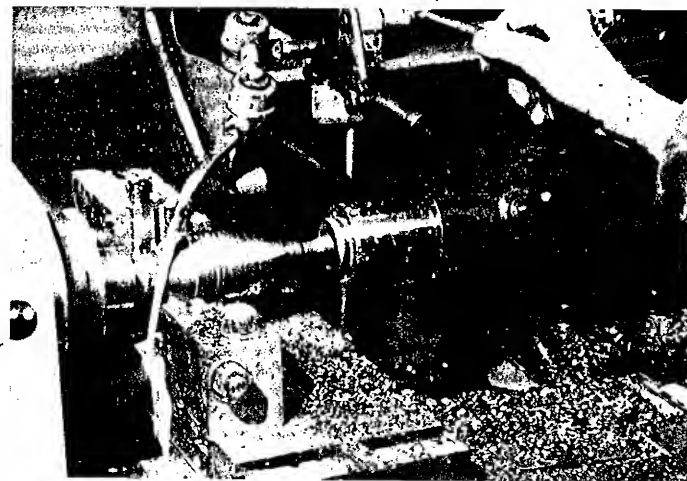
3. Meuler les faces en dépouille.

4. Meuler la surface d'attaque.

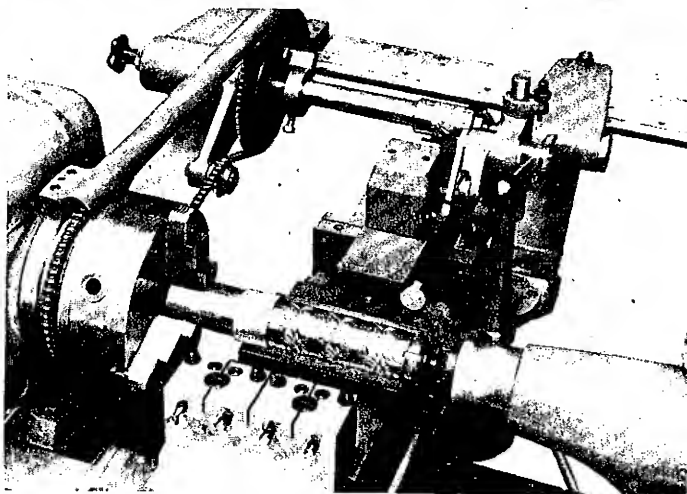
5. Améliorer la finesse d'arête en pierrant les surfaces utiles (Pierre India pour AR, affloir pour carbure).

Remarque : Le copeau de filetage coupé dans l'acier avec un outil bien affûté se dégage sous la forme d'un ruban frisé.

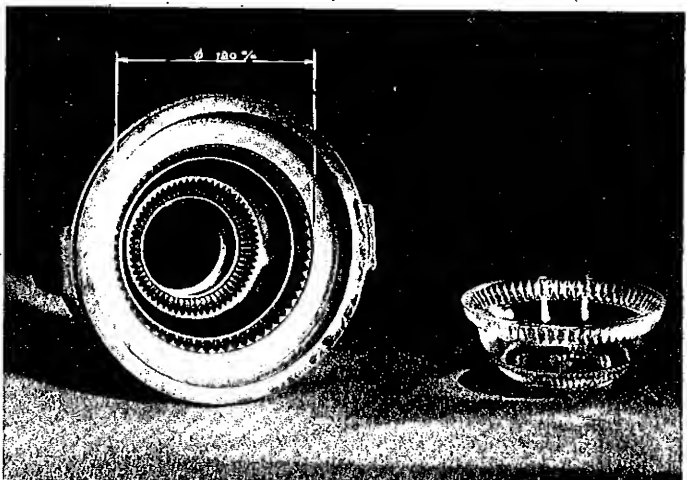
Etc... phases 5, 6, 7, 8, 9, 10.



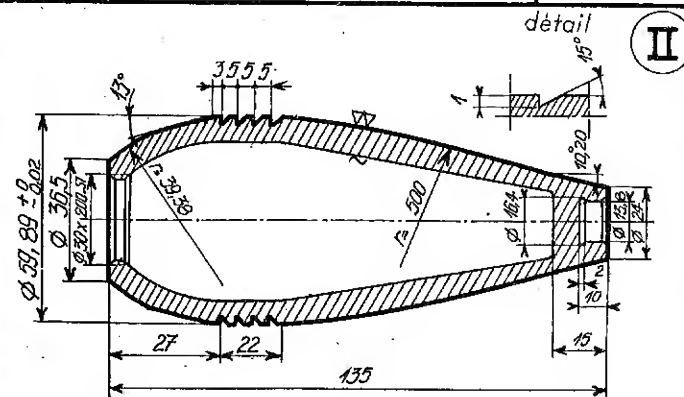
EXÉCUTION DE LA PIÈCE (fig. II) (cliché ERNAULT.B)



GRAVURE EXTÉRIEURE (cliché ERNAULT.B)



MOULE (reproduction intérieure) (cliché ERNAULT.B)



Spécifications :

▽ Usiné partout, sauf $\nabla \sim$ Tol. gén. $\pm 0,1$.

BOMBE DE 60 mm.

GAMME D'USINAGE

Elément	Organe	Dessin	12	Rep.	A	N°	Gabarits
Organe		Mat.	Tout adéquat	Nb.	100		
Ensemble	Bombe						
Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tot+Tm	
1	Tournage au manche 3 mors - dresser face - dresser fond - chanfreiner à 60° - aléser $\phi 13,8$ - gorges $\phi 16,4 \times 2$		carbure 13 D 14 DA 10 26 DA 10	Jauge calibre 80° PàC.	45°	1,15	
2	Retourner pièce - chanfreiner - aléser $\phi 27,8$ - dresser face - mettre lg. 135 - tarauder 30x2,00		13 DA 10 13 D Tarauds 30x2,00	PàC. Tamp. PàC. C.M. 135° Tamp. Felt 30x2,00	45°	0,50	
3	En montage mixte - tourner profil extérieur - gorges. - finir $\phi 59,89$		outil spécial à reproduire O de forme C.M. de 59,89-0,02	Gabarit	30°	1,40	

Nota :

Vérifier les cotes et la forme, toutes les 5 pièces.

120°
3,05

Le tour parallèle convient pour l'exécution des surfaces de révolution dont la génératrice est dite « de forme » ou « non rectiligne ».

Les procédés d'exécution varient en fonction de la quantité de pièces à usiner. Le contrôle de forme nécessite des gabarits.

L'usinage de la pièce type (fig. II) justifie l'emploi des gabarits de contrôle suivants :

Gabarits à profil partiel.

Gabarit à rayon 39,38 avec pente de 13° prenant appui sur les $\phi 59,89$ et 36,5.

Gabarit à rayon 500 avec pente de 10° 20' prenant appui sur la génératrice conique, le $\phi 59,89$ et la surface arrière.

Gabarit à profil complet : Pour le contrôle final.

1. VARIATION ÉVENTUELLE DES PROCÉDÉS (fig. II) (usinage du profil seulement).

Montage de la pièce : montage mixte en reprise sur cochoonet fileté à 30 pas 2 et épaulé au $\phi 36,5$. Utiliser une contre-pointe tournante à billes.

Pièce unitaire : Pas d'outil ou d'appareillage spéciaux (pièce venue de fonderie avec surépaisseur = 3 à 4 mm).

Réalisation par outils à main.

Phase 1. Charioter $\phi 59,89$ (2 passes : ébauche + finition).

Tracer les cotes 27 et 22 très légèrement (avec la pointe de l'outil à fileter).

Phase 2. Charioter le cône de pente 13°. (Vérifier la pente avec le calibre prenant appui sur $\phi 59,89$ et sur $\phi 36,5$ du cochoonet.)

Phase 3. Ébaucher le rayon 39,38 par un tronc de cône tangent (pente $\approx 30^\circ$). Présenter le calibre. Repérer les saillies à la craie ou au crayon gras.

Ébaucher le rayon à + 0,2 par déplacement manuel et conjugué des chariots (transversal et trainard ou chariot pivotant).

Éliminer les saillies (outil à retoucher).

Terminer le rayon avec un outil à main (plane) reposant sur un support. Contrôler au gabarit la forme obtenue.

Tenue de l'outil : Le maintenir en position à 45° sur son support, la main droite située en haut du manche. Avec la main gauche, le faire pivoter sur la pièce pour exécuter le rayon.

L'arête tranchante ne doit jamais passer au-dessous de l'axe (risque d'accident pour l'opérateur, engagement dans la pièce et rupture de l'outil).

Phase 4. Ébaucher le rayon 500 par un tronc de cône tangent (pente $\approx 12^\circ$).

Terminer le petit cône en bout (pente 10° 20'). Déplacer l'outil jusqu'à raccordement avec le cône précédent.

Présenter le gabarit, marquer les saillies. Ébaucher le rayon à la main aux « deux manivelles » avec un outil à retoucher. Terminer le rayon à la plane. Présenter le gabarit à profil complet. (La génératrice de la pièce doit épouser le gabarit.)

Nota : La finition des deux rayons peut être exécutée entièrement aux « deux manivelles », par lecture des déplacements. Pour cela : monter le gabarit à profil complet sur un support fixe relié au banc. (Les SR parallèles à l'axe.)

Monter un comparateur sur la tourelle.

Amener l'outil en position de départ ($\phi 59,89$) et le palpeur du comparateur au même endroit sur le gabarit (repère à 0).

Embrayer Mo. Assurer le déplacement de l'outil et vérifier

sur le cadran que l'aiguille reste à zéro. (Le rayon du bec de l'outil et celui du palpeur doivent être égaux.)

Petite série (100 pièces).

Conduire le travail opération par opération.

Régler la contre-pointe pour tournage cylindrique.

Phase 1. Charioter le diamètre extérieur 59,89.

Phase 2 (réalisation côté rayon 39,38).

Monter un outil sur chaque côté de la tourelle réglée avec butée (outil 11 D et outil de forme au rayon 39,38).

Exécuter le cône de pente 13° (deux passes avec outil 11 D).

Faire pivoter la tourelle de 180°.

Exécuter le rayon 39,38 (outil de forme préalablement dégagé d'après gabarit). L'arête tranchante doit tangenter sur le $\phi 36,5$ et raccorder le cône de pente 13°.

Phase 3 (réalisation côté rayon 500).

Monter une extrémité de bielle d'entraxe 500 sur un support fixe adapté au banc du tour. Atteler le chariot transversal rendu libre de coulisser, à l'autre extrémité de la bielle.

Deux solutions sont acceptables pour l'exécution du cône de pente 10° 20' :

1. Utiliser un tour avec deux chariots pivotants.

Ébaucher le rayon partant du $\phi 59,89$ avec la bielle (avance automatique du trainard).

Terminer le cône de pente 10° 20' au chariot pivotant (chariot transversal bloqué sur la glissière).

Terminer le rayon 500 avec la bielle et l'avance automatique (chariot transversal débloquent).

2. Utiliser un tour ordinaire et travailler en reprises.

Ébaucher et terminer tous les cônes au chariot pivotant sur la série de pièces. Monter la bielle. Ébaucher et terminer tous les rayons 500 (mettre le chariot pivotant perpendiculaire à l'axe.)

Nota : Cette dernière solution présente l'avantage de la rapidité d'exécution. Par contre on peut redouter les défauts de raccordement, entre surfaces de forme exécutées en reprises.

Grande série : Deux solutions :

Emploi du tour parallèle avec reproducteur.

Monter un gabarit reproducteur sur un support fixe adapté au banc. (Dégager les SR du gabarit parallèlement à l'axe avec un comparateur monté sur la tourelle.)

Monter un attelage porte-galet sur le chariot transversal. (Dégager la voie de la vis du chariot). Mettre le galet en contact avec le gabarit. (Adapter un ressort ou un contrepoids de rappel.)

Orienter le chariot pivotant perpendiculairement à l'axe. Mettre l'outil en position de départ (côté $\phi 36,5$).

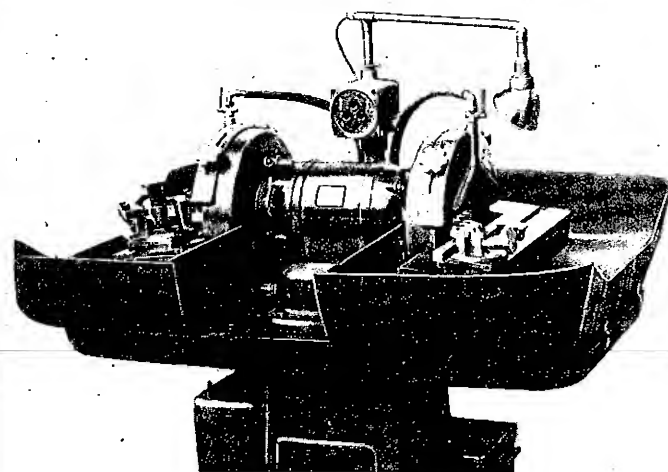
Embrayer Mo, puis Ma. Effectuer une passe d'ébauche à + 0,5 (outil à charioter 11 G).

Faire pivoter la tourelle de 180° (outil de finition 31) et finir.

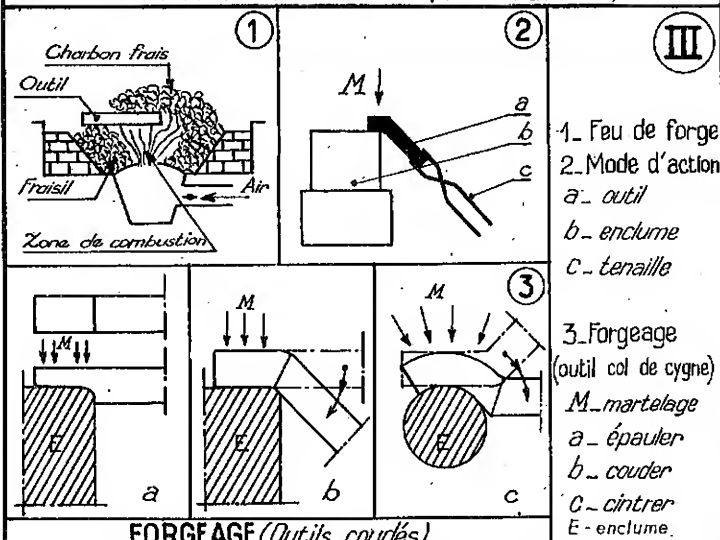
Inconvénient : Pression du galet reproducteur sur le gabarit, élevée et non constante.

Emploi d'un tour parallèle équipé pour le copiage hydraulique (gamme fig. IV, phase 3) (planche 42, fig. V).

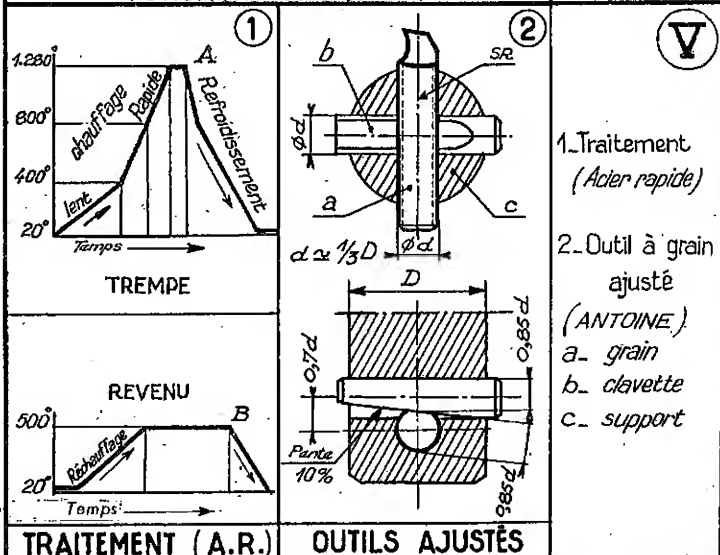
Monter le gabarit ou la pièce type sur son support. (SR parallèle à l'axe). Monter l'outil sur son support (carbure métallique). Monter la pièce (montage mixte). Régler la pression de la contre-pointe pneumatique. Amener le doigt copieur en contact avec le gabarit (sur $\phi 24$) et l'outil en position de départ ($\phi 24$). Le réglage Mip se fait directement par la vis du chariot transversal. Embrayer Mo, puis Ma et charioter le profil.



MACHINE A AFFÛTER (cliché GENDRON)



FORGEAGE (Outils coudés)



TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

TREMPÉ

REVENU

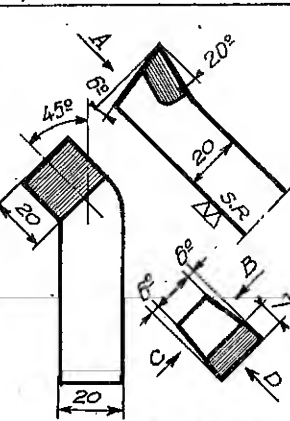
TREMPÉ

REVENU

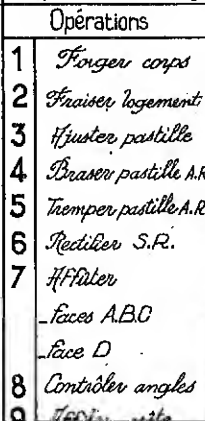
TREMPÉ

REVENU

Corps acier: 20x20x150
pastille: A.R. 20x20x7

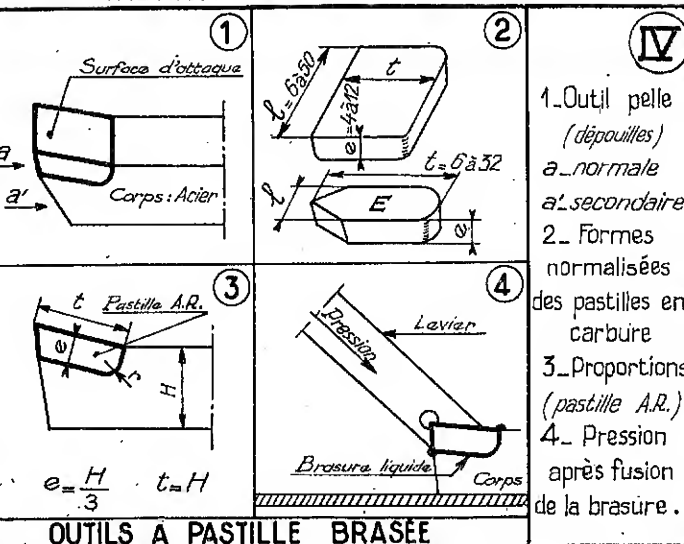


Outil à chariotier 13D
Corps acier R=70kg.

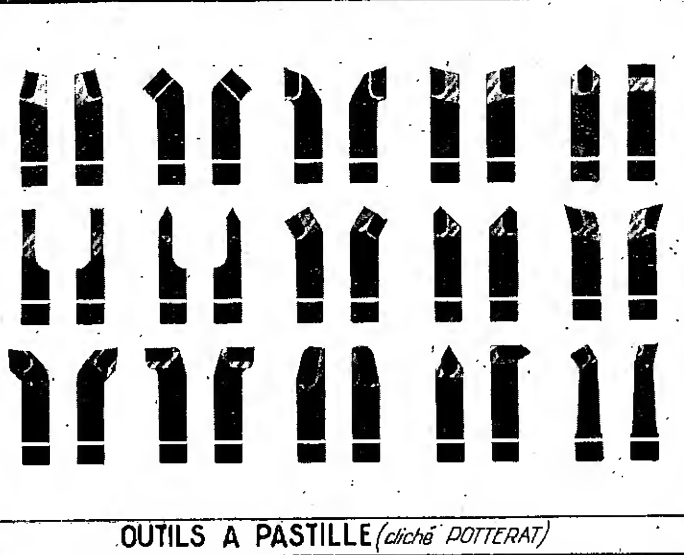


II

FABRICATION D'UN OUTIL A PASTILLE



OUTILS A PASTILLE BRASÉE



OUTILS A PASTILLE (cliché POTTERAT)

1. FABRICATION DES OUTILS

Outils mono-blocs.

Outils droits : La forme du bec est donnée par meulage. L'outil est généralement pris dans la barre laminée. Le meulage du bec se fait après trempe. La **SR** doit être rectifiée. Éviter la détrempe du bec, par arrosage abondant lors du meulage.

Outils coudés : La forme du bec est obtenue par forgeage (outils renvoyés, outils à col de cygne) (fig. III).

Réalisation (outils en AR dans un four spécial ou au feu de forge). Préchauffe lente (400° C). Chauffe plus rapide (850° C). Chauffe rapide jusqu'à 1200° C (température de forgeage de l'AR comprise entre 860° et 1200° C; du rouge cerise au jaune orange). Façonnage rapide du bec de l'outil au marteau sur l'enclume (par étrépage ou cambrage en une seule « chaude » si possible) (fig. III, 3). L'outil est maintenu dans une tenaille (fig. III, 2).

La **SR** doit être rectifiée après trempe.

Outil à mise rapportée (Brasage des pastilles ou plaquettes en AR ou en carbure*) (fig. II et IV).

Préparation du corps d'outil :

Dresser la **SR** du corps d'outil en acier ($R = 65 \text{ à } 75 \text{ kg/mm}^2$). Usiner le logement de la plaquette (fraisage et ajustage). Assurer le contact des surfaces d'appui.

Préparation des plaquettes en AR. Elles sont prises dans la barre et ajustées dans leur logement sur le corps d'outil.

Préparation des plaquettes en carbure. Elles sont obtenues directement à leur forme définitive par frittage.

Brasage des plaquettes (AR et carbure).

Nettoyer corps et plaquette. Chauffer séparément la plaquette et l'extrémité du corps d'outil à 800° C en évitant l'oxydation (flamme réductrice et borax).

Brosser énergiquement avec une carder le logement de la plaquette, le garnir de poudre à braser et loger la plaquette.

Reprendre le chauffage jusqu'à la température de brasage (900° C pour les carbures, 1150° pour les AR). Observer la fusion et l'écoulement de la brasure; ajouter du borax.

Retirer du four, presser énergiquement sur la plaquette pendant 10 à 20 secondes pour réduire et régulariser l'épaisseur de la brasure (fig. IV, 4).

Refroidir lentement les outils à pastille en carbure (dans du poussier de charbon de bois) pour éviter les fissures.

Les carbures ne se trempent pas, leur dureté étant naturelle. Tremper les outils à plaquette en **AR** (voir chapitre 2).

Observer la régularité de la ligne de brasure après refroidissement et meulage d'ébauche. Constater à la loupe l'absence de fissure sur l'arête tranchante.

Outils à grain ajusté dans un porte-outil spécial. Le grain (outil) est pris dans un petit barreau cylindrique ou prismatique en **AR** calibré, trempé et rectifié. Il est fixé sur le porte-outil par vis ou clavette (fig. V, 2).

La forme du bec est obtenue directement par meulage. Tenir compte de la position de la **SR** du grain, dans le porte-outil, lors de l'affûtage.

2. TRAITEMENT THERMIQUE DES OUTILS EN AR (fig. V, 1)

Trempe : Se pratique sur le bec de l'outil pour le durcir par chauffage et refroidissement successifs. Utiliser par ordre de préférence : les fours à bain de sel, électriques, à gaz, à huile,

le feu de forge. L'emploi d'un pyromètre optique permet de connaître la température de chauffage avec précision.

Réalisation : Chauffer lentement jusqu'à 400° C, vivement jusqu'à 850° C (rouge cerise) puis rapidement à $\approx 1250^\circ \text{C}$.

Refroidir dans un jet d'air sec, un bain d'huile ou un bain de pétrole. Remuer l'outil dans le bain pour assurer la régularité du refroidissement et l'homogénéité de la trempe.

Revenu : Après trempe, réchauffer le bec de l'outil à $\approx 550^\circ \text{C}$ pendant 30 minutes. Laisser refroidir lentement à l'air libre.

Contrôle de la dureté : Se fait sur machine Rockwell à pénétrateur de diamant (dureté **AR** $\approx 65 \text{ Roc}$).

3. AFFÛTAGE

Il peut être réalisé à la main (sur touret à meuler) ou mécaniquement (sur affûteuse); dans ce cas, la position et le déplacement de l'outil devant la meule sont obtenus automatiquement.

Meule utilisée : Caractéristiques :

Abrasifs alumineux pour meulage des **AR** et stellite.

Abrasifs siliceux moyen et diamant pour meulage des carbures.

Caractéristiques moyennes de meules pour outils de coupe.

AR : A 60 M 9 V; **Stellite :** A 46 M 7 V; **Carbure :** C 80 J 7 V (ébauche) et C 430 G 7 V et diamant (finition).

Délustringe et dressage des meules. Utiliser le diabolot en carborundum et la molette (ébauche) ou le diamant (finition). Prendre des passes de 0,02 mm à sec et déplacer le diamant sur la surface de meule à dresser. Contrôler l'opération de dressage en observant le changement de couleur sur la surface dressée et d'après le bruit produit par le diamant sur la meule (crissement).

Conditions générales d'exécution. Régler le support ou le guide de l'outil suivant l'angle à obtenir. Placer l'arête tranchante afin qu'elle reste visible pendant le meulage. Éviter l'échauffement en déplaçant rapidement l'outil sur la meule. Arroser abondamment pendant l'opération.

Le meulage des surfaces en dépouille des outils à plaquette de carbure se fait en deux opérations (fig. IV, 1).

1. Meulage du corps avec meule adoptée pour l'acier.
2. Meulage de la plaquette avec meule adoptée pour le carbure.

Utiliser des calibres pour vérifier les angles obtenus.

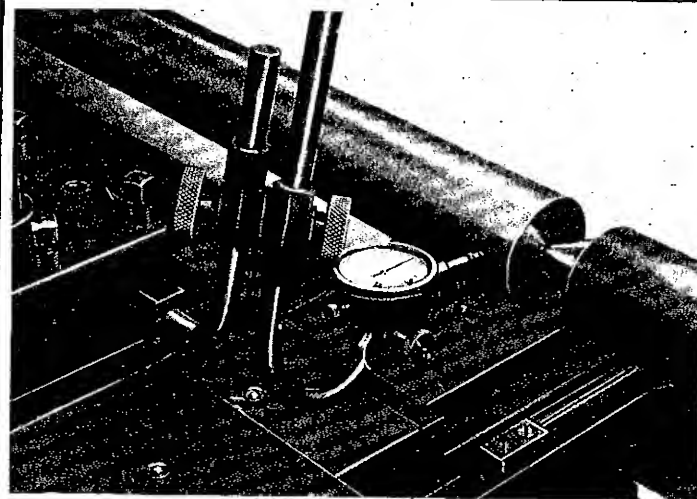
Affilage. Pour faire disparaître les bavures, les traits de meule et obtenir une grande finesse d'arête utiliser : pierre India pour **AR** et affiloir diamant pour carbure. Déplacer la pierre ou l'affiloir sur l'outil tout en assurant leur contact pendant le déplacement lent. Lubrifier avec huile ou pétrole. Le pierrage ne doit pas déformer les surfaces ni modifier les angles.

4. RÉALISATION DES OUTILS DE FORME

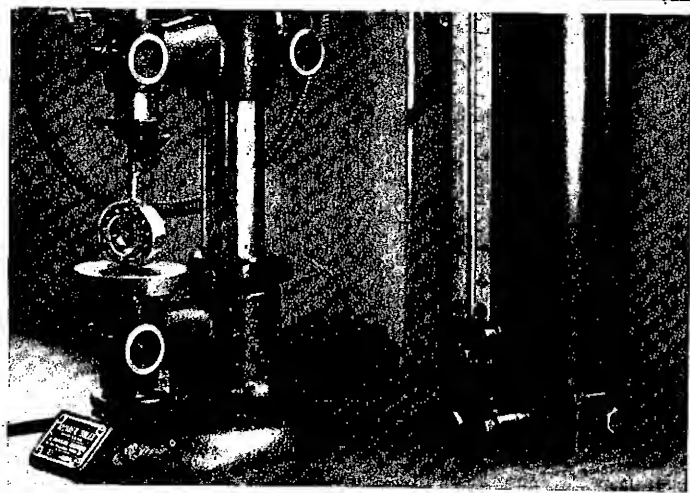
Suivant la complexité du profil de leur arête ils sont réalisés par meulage à main (profil simple, rayon convexe), par meule de forme appropriée (rayon concave) ou mécaniquement par fraisage et ajustage (profil complexe); dans ce cas, préserver l'arête de l'oxydation lors de la trempe, par enduit de savon noir ou d'huile. La surface d'attaque est rectifiée, plane ou en « coupe cuillère » (avec une petite meule pneumatique portable). Pierrer ensuite le profil.



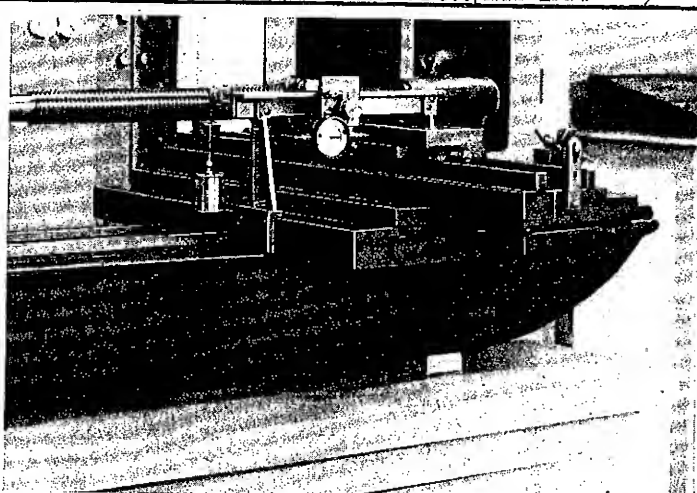
VÉRIFICATION D'UN TOUR (cliché S.O.M.U.A.)



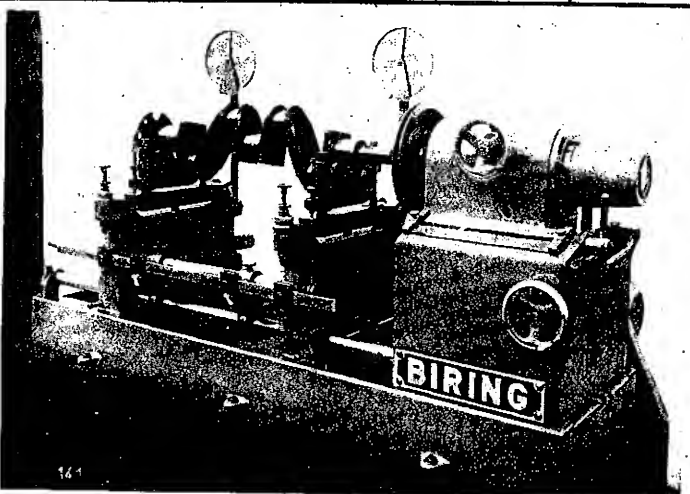
VÉRIFICATION D'UN TOUR (cliché ESSAIS M.O.)



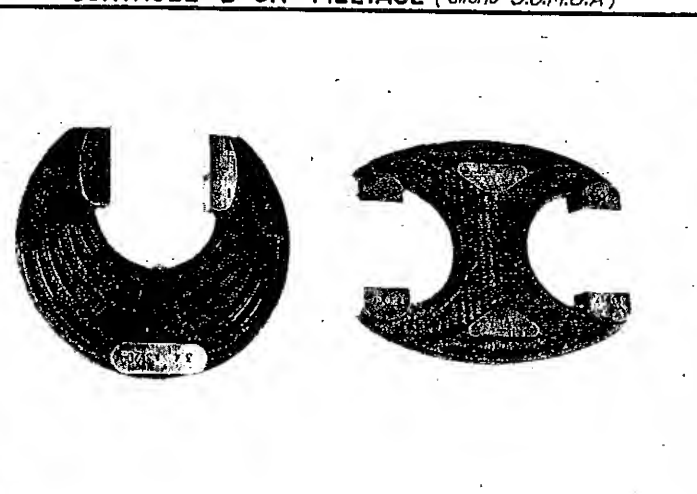
MESURE PNEUMATIQUE (cliché SOLEX)



CONTRÔLE D'UN FILETAGE (cliché S.O.M.U.A.)



MESURE D'UN BALOURD DE VILBREQUIN (cliché BIRING)



CALIBRES A DIMENSIONS FIXES (cliché C. de PRÉCISION)

1. PRINCIPES A OBSERVER. Il faut :

Avant l'usinage. Mesurer ou balancer la pièce brute, pour s'assurer que la pièce finie peut « sortir ».

Pendant l'usinage. Déterminer les surépaisseurs à couper.

Après la dernière passe. S'assurer que la surface est conforme aux spécifications de tolérance et d'état superficiel.

Après l'usinage. Contrôler la conformité de la pièce.

2. UTILISATION DES VÉRIFICATEURS

Immobiliser **Mo** et **Ma**. Nettoyer soigneusement les surfaces à vérifier et les **SR** du vérificateur. Éviter les erreurs de lecture dues aux différences de température et aux pressions de contact entre pièce et vérificateur. Éventuellement, avant leur utilisation, étalonner les vérificateurs à dimensions variables, à la cote à réaliser. Présenter les vérificateurs correctement (horizontalement ou verticalement suivant les cas).

3. EMPLOI DES VÉRIFICATEURS A DIMENSIONS VARIABLES (Pour diamètres et longueurs.)

Mode d'emploi du réglet gradué. Pour les opérations d'ébauche (longueur principalement). Poser le réglet sur la génératrice de la pièce et appliquer sa **SR** contre la face épaulée. Lire la cote face à la **SR** de la pièce.

Mode d'emploi du pied à coulisse. Pour opérations d'ébauche et de finition (**IT** > 20 μ).

Pour diamètres et longueurs extérieurs.

1. **Diamètre inférieur à 100 mm :** ouvrir les becs.

Prendre le pied à coulisse entre quatre doigts de la main droite sous le bec fixe et le pouce sur le bec mobile.

Engager par l'arrière le pied à coulisse sur la pièce (à l'arrière des becs). Serrer légèrement, de la main gauche, la vis de blocage.

Dégager le pied à coulisse et lire la dimension obtenue.

2. **Diamètre et longueur supérieurs à 100 :** ouvrir les becs.

Prendre le pied à coulisse à deux mains (main gauche sur le bec fixe, main droite sur la règle). Engager le pied sur la pièce. Pousser le bec mobile avec le pouce de la main droite jusqu'au contact de la pièce. Serrer la vis du vernier. Lire la cote.

Pour diamètres et longueurs intérieurs. Opérer à deux mains. Exercer une traction sur le bec mobile tout en assurant une oscillation pour trouver la position correcte.

Mode d'emploi du palmer. En finition, lorsque la dimension actuelle est à 0,2 de la cote finale (pour **IT** < 50 μ).

Diamètres et longueurs extérieurs (emploi du palmer ordinaire suivant dimension, 0-25, 25-50, etc.).

Ouvrir les touches. Tenir le corps du palmer de la main gauche. Engager le palmer. Appuyer la touche fixe sur la pièce. Amener par rotation la touche mobile en contact. Se servir de la friction (main droite) lors du contact tout en assurant un mouvement oscillant au palmer sur la pièce, pour trouver la position correcte. Lire la dimension directement ou encore indirectement après léger serrage du frein.

Diamètres et longueurs intérieurs (emploi du palmer d'intérieur ou jauge micrométrique). Tenir appuyée sur la pièce (de la main gauche) la touche fixe (côté rallonge). Amener la touche mobile en contact de la pièce (par rotation du tambour gradué), puis opérer comme pour le palmer ordinaire (lire la dimension directement de préférence).

Contrôle du diamètre sur flancs d'un filetage extérieur SI.

1. **Avec palmer à filet :** choisir un palmer avec enclume en fonction du pas à contrôler puis opérer comme pour un diamètre extérieur. Poser la touche fixe (enclume) sur le filet et amener la touche mobile en contact sur le filet opposé.

2. **Avec palmer ordinaire et trois piges :** positionner les piges : deux dans des filets voisins (en dessous) et une dans le filet supérieur opposé. Maintenir les piges à la main ou mieux avec des liens élastiques de chaque côté de la pièce. Si les touches du palmer ne sont pas assez larges, interposer une cale-étalon entre les deux piges inférieures et la touche fixe (en soustraire la valeur lors de la lecture). Opérer ensuite comme pour un diamètre ordinaire.

4. EMPLOI DES VÉRIFICATEURS A DIMENSIONS FIXES

A utiliser pour s'assurer que **D** maxi \geq **D** réel \geq **D** mini.

Mode d'emploi des calibres-mâchoires.

Prendre le calibre entre trois doigts de la main droite (pouce, index, majeur). Introduire le calibre sur la pièce sans forcer. Le côté maxi doit rentrer grassement et sans jeu, le côté mini ne doit pas monter sur la pièce.

Mode d'emploi des tampons lisses, des jauges plates, cylindriques et planes pour contrôler les alésages et les mortaises. Saisir la poignée moletée ou le corps. Présenter sans forcer successivement les côtés mini et maxi des jauges cylindriques en plusieurs positions pour contrôler diamètre et parallélisme. Seul le côté mini doit entrer grassement.

Précautions. Éloigner l'outil de la pièce ou recouvrir son arête avec un chiffon lors du contrôle d'un alésage (risque de blessure au retrait du tampon).

Pour contrôler les alésages borgnes, utiliser des tampons lisses à trou, ou à rainure d'évacuation d'air.

Mode d'emploi des bagues et tampons filetés pour contrôler les filetages courants. Saisir la partie moletée à pleine main. Engager le premier filet. Essayer de visser par une légère pression, lorsque les premiers filets sont engagés.

5. EMPLOI DES VÉRIFICATEURS DE FORME

Pour contrôle des portées coniques. Utiliser les bagues et tampons coniques étalons.

Contrôle en cours d'ébauche. Tracer à la craie trois génératrices à 120° sur la pièce. Engager le calibre. Le faire tourner d'un tiers de tour dans chaque sens en tenant la poignée moletée à pleine main. Retirer le calibre et observer les portées sur les trois traits (ils sont effacés où le vérificateur porte).

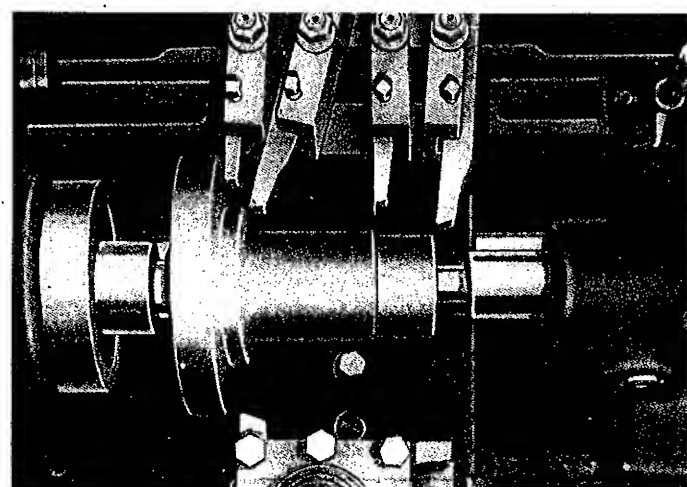
Contrôle en finition. Remplacer la craie par une mince couche de sanguine, ou mieux de bleu de Prusse à l'huile. Enduire le calibre et le monter sur la pièce. Vérifier par pressions radiales sur le vérificateur que ce dernier ne « boite » pas, puis opérer comme précédemment (les portées sur la pièce sont recouvertes du bleu enlevé au calibre). En finition, la portée doit apparaître sur toute la longueur contrôlée par le calibre.

Pour contrôle des formes (angles ou profils). Le contrôle s'effectue visuellement par mise en contact des **SR** calibre et pièce. Les profils doivent coïncider quand le calibre est présenté normalement à la surface de la pièce.

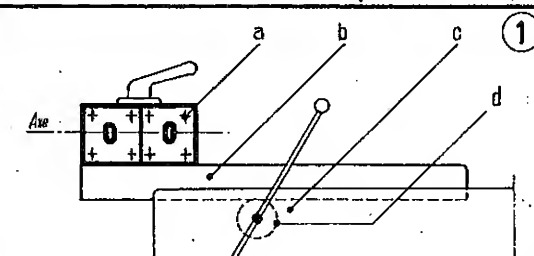
6. MODE D'EMPLOI DU COMPARATEUR

Pour contrôler la concentricité ou l'excentrage de deux surfaces de révolution, le voilage des faces planes, etc.

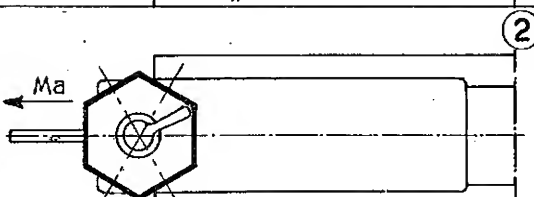
Le comparateur peut être monté sur la tourelle dans un support spécial ou bien reposer sur le banc du tour. Placer le palpeur perpendiculairement à la génératrice à contrôler. Limiter la course utile du palpeur à 4 mm environ. Soulever le palpeur et le laisser redescendre en l'accompagnant à la main. Amener le zéro du cadran sous l'aiguille. Lire les déplacements de celle-ci perpendiculairement au cadran (assurer la rotation de la pièce à la main pendant la lecture).



PORTE-OUTILS MULTIPLES (diché MACHINE MODERNE)

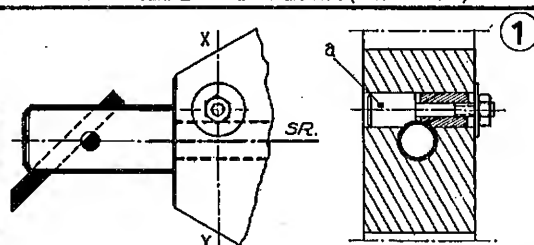


1. Vue de face
2. Vue de dessus

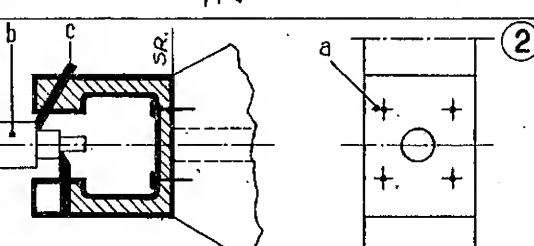


3. Vue de côté
a. tourelle
b. coulisseau
c. coulisse
d. C^{de} Ma.

TOURELLE REVOLVER (Ensemble)

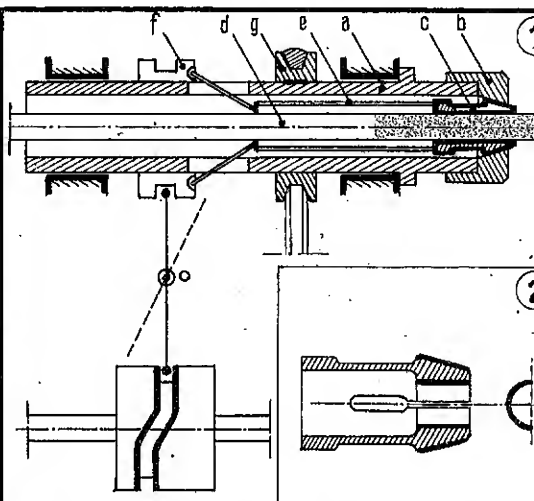


1. Dispositif pour queue cylindrique
a. blocage



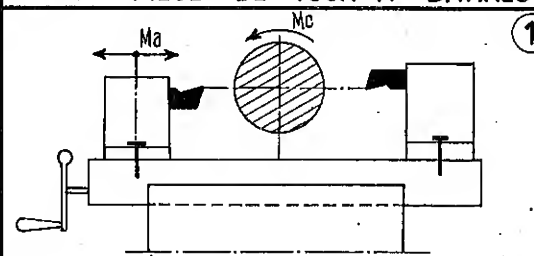
2. Dispositif pour bloc porte-outil d'extérieur
a. serrage
b. pièce
c. outils

PORTE-OUTILS DE TOURELLE

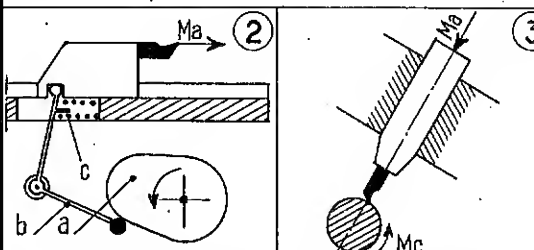


1. Schéma d'une broche à serrage automatique
a. broche
b. nez
c. pince
d. barre
e. tube de poussée
f. c^{de} serrage
g. c^{de} rotation
2. Détail d'une pince

PORTE PIÈCE DE TOUR À BARRES

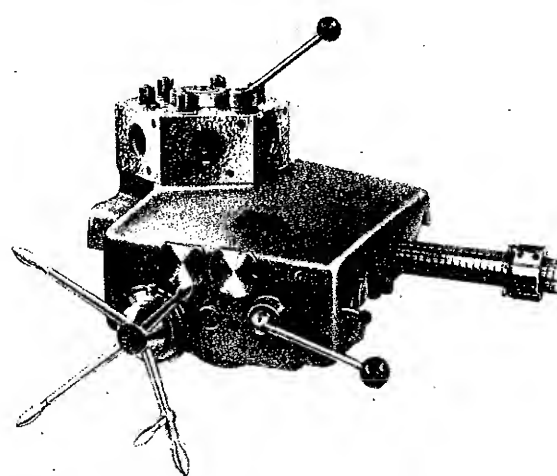


1. Porte-outils transversaux groupés



2. Porte-outil transversal c^{de} par came
a. came
b. levier
c. ressort
3. Porte-outil radial

PORTE-OUTILS TRANSVERSAUX



CHARIOT À TOURELLE (diché LIECHTI et. C^o "ISI")

1. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU TOUR PARALLÈLE

Avantages. Il est universel (possibilité d'exécuter toutes les surfaces dans la limite de ses capacités dimensionnelles).

Il est rapidement équipé (un seul outil généralement).

Inconvénients. Tous les mouvements : Mo, Ma, Mp sont commandés à la main. Un seul outil travaille à la fois. Un opérateur qualifié est nécessaire, même pour les pièces simples.

Le coefficient d'utilisation est faible, certains accessoires ne sont que rarement utilisés (vis-mère, reproducteur, etc.).

2. ÉVOLUTION DU TOURNAGE

On vise à réduire simultanément les temps de coupe et les temps de manœuvres (dits temps morts).

Cette évolution conduit au perfectionnement du tour parallèle (possibilité d'utiliser de grandes vitesses de coupe) et à la création de tours spéciaux pour grande série (réduction des temps morts).

Perfectionnement du tour parallèle.

1. Puissance moyenne passée en vingt ans de 2 à 8 ch sur les tours H. d. P. 170;
2. Mise en place d'un outil auxiliaire (porte-outil arrière);
3. Dispositif de contrôle des déplacements (butées);
4. Serrage pneumatique de la pièce;
5. Avances hydrauliques avec possibilité de tournage en reproduction.

Création de tours spéciaux.

Pour chaque famille de pièces, et selon la quantité de pièces identiques à tourner, on a recours à des machines-outils dérivées du tour parallèle. Chacune d'elles possède un ou plusieurs avantages sur ce dernier :

1. Simplicité d'organe;
2. Rapidité de montage de la pièce;
3. Possibilité d'action simultanée de plusieurs outils;
4. Possibilité d'action simultanée sur plusieurs pièces;
5. Cycle de travail semi ou entièrement automatique.

3. ÉQUIPEMENTS PARTICULIERS DES TOURS POUR GRANDES SÉRIES DE PIÈCES PRISES EN BARRE

La plupart des tours spéciaux sont établis pour le tournage des pièces prises dans la barre. Ils possèdent un certain nombre de caractéristiques communes :

Porte-pièce (fig. II, 1, 2).

C'est une douille fendue (pince) caractérisée par son diamètre d'alésage cylindrique (égal au diamètre de la barre à serrer). L'extérieur conique se centre (SR) dans le nez de broche.

Fonctionnement. La pince élastique a toujours tendance à s'ouvrir, c'est-à-dire à libérer la barre en usinage. Une pression longitudinale faisant porter les SR coniques provoque le pincement et ainsi l'entraînement en rotation, par adhérence.

Mode de commande (fig. II, 1). Le serrage de la pince peut s'effectuer à la main au moyen d'un levier, ou automatiquement en asservissant le levier à une came.

Porte-outil.

Tous les tours à barre permettent la mise en œuvre simultanée de plusieurs outils de coupe et même de plusieurs groupes d'outils.

Premier groupe. Porte-outils axiaux ou « de tou-

relle » (fig. III). Le dispositif est une solution très perfectionnée de la contre-poupée de tour parallèle utilisée comme porte-outil de forage.

En effet, la tourelle de tour à barre possède :

- 1^o L'avance (Ma) automatique (parallèle à l'axe) avec butée en fin de course;
- 2^o Le pivotement et le blocage semi-automatique ou automatique de la tourelle sur son chariot pour présentation des outils successifs (4 à 6 postes).

Deuxième groupe. Porte-outils transversaux (fig. IV).

Ce groupe peut être comparé au système en usage sur les tours parallèles à chariotier (chariot transversal). Il y a deux blocs porte-outils, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière.

Quelquefois on a seulement une trajectoire (Ma) perpendiculaire à l'axe du tour. Les outils travaillent alors seulement en plongée. L'outil arrière coupe à l'envers, principalement pour effectuer des opérations accessoires ou des saignées.

Porte-outils transversaux à commande automatique (fig. IV, 2).

Ces blocs porte-outils ont un déplacement d'avance rectiligne dans leur guidage. L'avance (a) uniforme ou variable est actionnée par une came plate.

Le mouvement de rotation de la came d'avance transversale est synchronisé avec le mouvement de coupe et le mouvement de serrage de barre.

Porte-outils radiaux (fig. IV, 3). On les trouve fréquemment sur les petits tours automatiques les plus modernes. Cet arrangement permet d'animer individuellement un grand nombre d'outils (3 à 6) à trajectoire rayonnante. Chaque porte-outil glissant dans sa coulisse dépend d'une came et d'un groupe de leviers intermédiaires.

Troisième groupe. Porte-outils latéraux. Comme sur les tours parallèles, le mouvement d'avance est possible parallèlement à l'axe pour deux blocs-outils placés de part et d'autre de l'axe. L'adjonction de comes accessoires permet d'obtenir des trajectoires obliques ou curvilignes. On arrive ainsi aux travaux de forme ou par exemple au filetage automatique (système CRI-DAN).

Porte-outils de tourelle (fig. V).

Chaque poste de tourelle présente, pour réception des outils, deux séries de SR :

1^o Un alésage cylindrique $\phi = 25,4$ ou $38,1$ (dont l'axe doit se confondre avec celui de la broche) pour réception des outils légers d'action axiale : perçage, alésage, taraudage, filetage à la filière et butée de longueur;

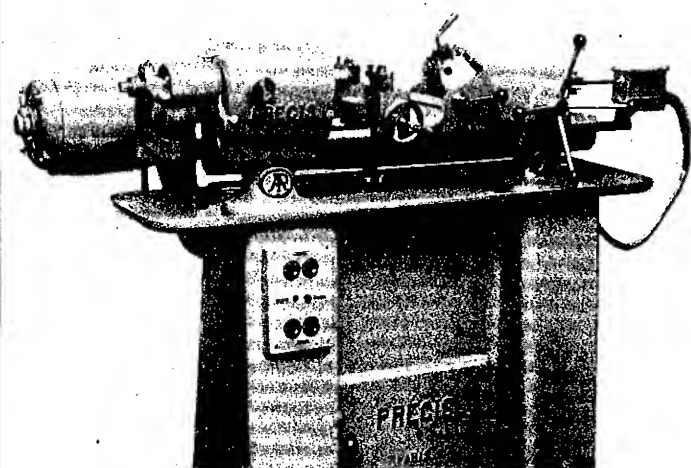
2^o Une surface plane généralement perpendiculaire à l'axe et pourvue de trous de fixation pour des outils ou des porte-outils lourds généralement affectés aux surfacages extérieurs.

4. ÉQUIPEMENTS PARTICULIERS DE TOURS POUR GRANDES SÉRIES DE PIÈCES BRUTES

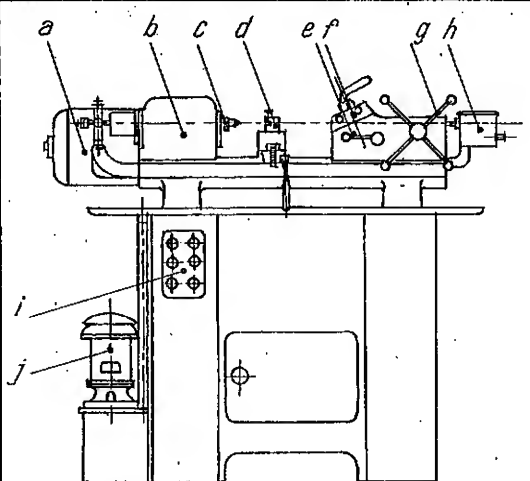
La pièce brute, dès qu'elle est lourde ou de forme un peu compliquée, ne peut pas être mise en place automatiquement. Par contre, les opérations de coupe sont souvent automatiques.

Il en résulte pour ces tours généralement :

- 1^o Un porte-pièce analogue à ceux du tour parallèle à chariotier (plateau, mandrin, support spécial). Toutefois le serrage est souvent assuré par air comprimé (pression 5 kg/cm²);
- 2^o Un porte-outil analogue à ceux des tours de série à barre.

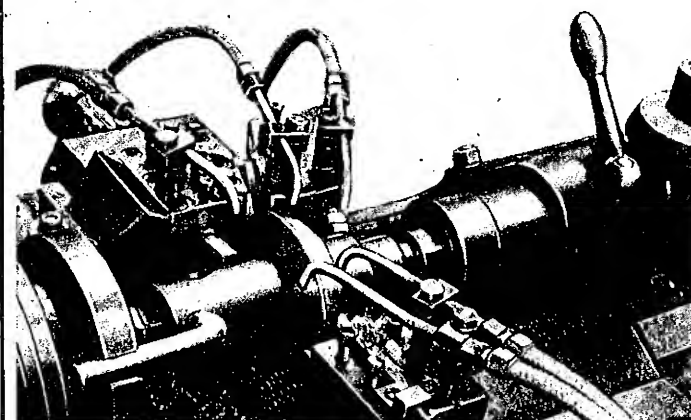


TOUR REVOLVER (cliché PRÉCIS)

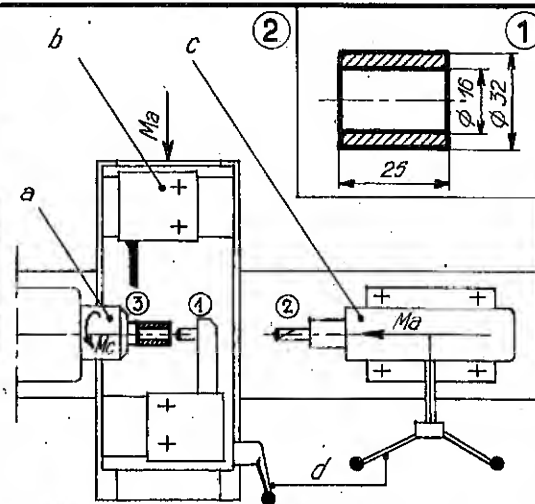


- III
- a - moteur
 - b - poupée
 - c - broche
 - d - chariot
 - e - blocage (P)
 - f - tourelle
 - g - commande (P)
 - h - variateur Mc
 - i - c^{de} électrique
 - j - arrosage
- Capacités
H. de P. = 100
E. P. = 400

TOUR REVOLVER "PRÉCIS"

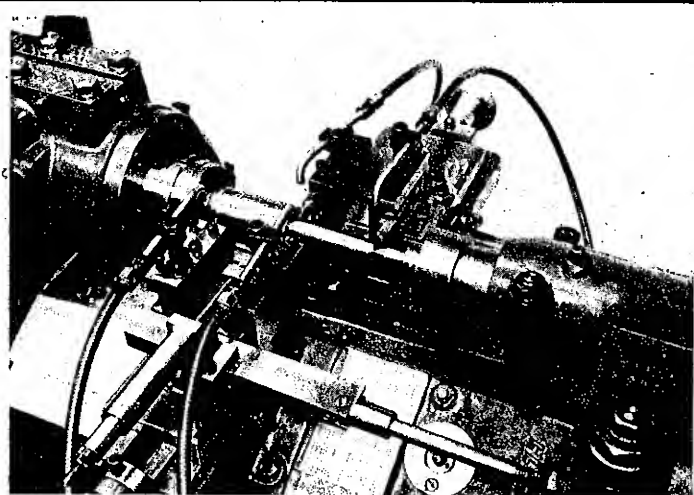


REPRISE SUR TOUR (cliché S.P.M.O.)

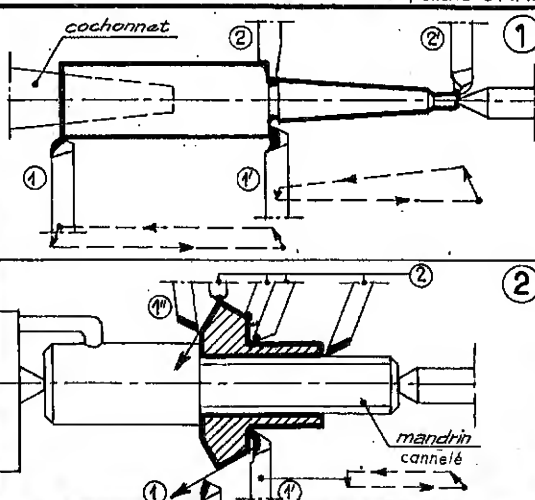


DÉCOLLETAGE SIMPLE (à main)

- II
1. 200 pièces
acier étiré
Ø 32
2. Equipement
a - broche
b - chariot
c - tête axiale
d - leviers Ma
- Exécution
- ① - butée
 - ② - perçage
 - ③ - coupe



REPRISE SUR TOUR (cliché S.P.M.O.)



TOURNAGE EN REPRISE "S.P.M.O."

- VI
1. Porte-foret
tournage-finition
1-1' : double
chariotage
2-2' : plongée
2. Pignon
tournage-finition
1-1' : triple
chariotage
2 : plongée
- (voir photos
IV et V)

Les tours simples pour tournage en série sont manœuvrés manuellement à l'exception des mouvements d'avance (Ma) qui sont généralement automatiques (commandés par vis et écrou ou par came).

On distingue les machines ci-après :

1. **TOUR A DÉCOLLETER ORDINAIRE** (fig. II)
pour travail en l'air des pièces prises dans la barre (acier doux-laiton-aluminium).

Série : 10 à 500 pièces.

Capacité : 5 à 60 mm.

Le serrage de la barre par pince est très rapide ($\approx 5''$).

La première opération est la mise de la barre en butée avant serrage.

La dernière opération est la coupe après exécution des détails.

Cette machine très simple possède deux blocs porte-outils travaillant en butée. Parfois les Ma s'accomplissent à la main par levier.

Ex. : **Exécution d'une douille simple** (fig. II, 1).

Ø 32 x 25, prise en barre acier étiré de 32.

1. Mise en place de la pièce : desserrer la pince, avancer 1, mise de la barre en butée, serrer la pince, retirer 1 mise Mo;

2. Perçage à Ø 20 : avancer Ma 2 à la profondeur en butée, reculer 2 ;

3. Coupe à L = 25 : avancer Ma 3, la pièce tombe, retirer 3 ;

2. **TOUR A TOURELLE REVOLVER ORDINAIRE** (fig. III)

Pour le travail des pièces en petite série (5 à 50) comportant notamment des opérations en bout d'axe (perçage-taraudage-filetage-épaulement, etc.).

Le tour revolver est caractérisé par une tourelle dite revolver (pivotante) à 5 ou 6 postes porte-outils.

Fonctionnement de la tourelle.

La tourelle peut effectuer deux mouvements :

1. Ma rectiligne suivant l'axe du tour ;

2. Pivotelement sur son propre axe de rotation. Après le travail d'un outil la tourelle est reculée. Elle pivote d'une fraction de tour et l'outil suivant entre en action.

Le Ma de tourelle est généralement automatique ainsi que la rotation de la tourelle en fin de course-recul.

La tourelle n'ayant aucun déplacement transversal, les outils qu'elle porte demeurent constamment réglés en position axiale. (L'axe de l'outil se confond avec celui de la broche.)

Remarques sur le tour à tourelle revolver PRÉCIS (fig. III).

1. La tourelle tronconique est inclinée (meilleure rigidité), les alésages (SR) recevant les outils ont en position de travail leur axe confondu avec celui de la broche.

2. Le moteur est à plusieurs vitesses. Il est possible de conjuguer l'action de chaque outil de tourelle avec une vitesse de broche appropriée.

A cet effet, un commutateur électrique actionné par la rota-

tion d'une tige est installé au bout de la tourelle. Quand la tourelle tourne d'une fraction de tour, la tige en fait autant et la vitesse désirée est automatiquement obtenue.

3. Les deux outils du chariot transversal ne travaillent qu'en plongée. Ils peuvent être commandés, soit par volant-manivelle, soit par levier (pignon et crémaillère).

3. **TOURS A OUTILS MULTIPLES OU DE REPRISE**

Ces tours peuvent être conçus pour travailler en moyenne série (25 à 1 000) : soit, sur pièce brute, en l'air, soit entre pointes. Capacité \approx Ø 40, EP \approx 600.

Ils comportent deux chariots indépendants sur lesquels sont montés des groupes d'outils travaillant par bloc soit en plongée, soit en chariotage.

Le travail à effectuer est décomposé en phases comme pour une exécution sur tour parallèle soit théoriquement :

Phase 1 : ébauche premier côté ;

Phase 2 : (première reprise) ébauche deuxième côté ;

Phase 3 : (deuxième reprise) finition premier côté ;

Phase 4 : (troisième reprise) finition deuxième côté.

Les outils réglés pour une reprise déterminée coupent simultanément. On peut équiper autant de tours qu'il y a de reprises prévues.

Nota. — Les tours de reprise sont souvent conçus pour effectuer tout le travail de chaque reprise en cycle automatique grâce à un système de cames actionnant les deux chariots.

Remarques sur le tour de reprise à cycle automatique S.P.M.O. (photos).

Les deux chariots indépendants, l'un longitudinal, à l'avant, l'autre transversal, à l'arrière, portent chacun deux ou trois outils dont un pouvant prendre un mouvement oblique par l'action d'une rampe fixe attelée à la contre-poupée. Chaque outil est pourvu d'un dispositif d'arrosage.

Travaux sur tour de reprise.

1^{re} Ex. : **Porte-foret PRESTO** (photo IV) (fig. VI, 1).

La reprise comporte la finition extérieure de la pièce entre nez conique et pointe (c'est la dernière phase de tournage).

Premier temps : chariot avant, les deux outils de chariotage en cycle automatique effectuent les surfaces de révolution dont une conique ;

Deuxième temps : chariot arrière, les deux outils exécutent en plongée la gorge (tombe du cône) et le congé au bout ;

2^e Ex. : **Pignon conique** (photo V) (fig. VI, 2).

La reprise comporte l'exécution (ébauche-finition) de la partie extérieure (c'est la dernière phase de tournage). Auparavant, la pièce a reçu les façonnages suivants :

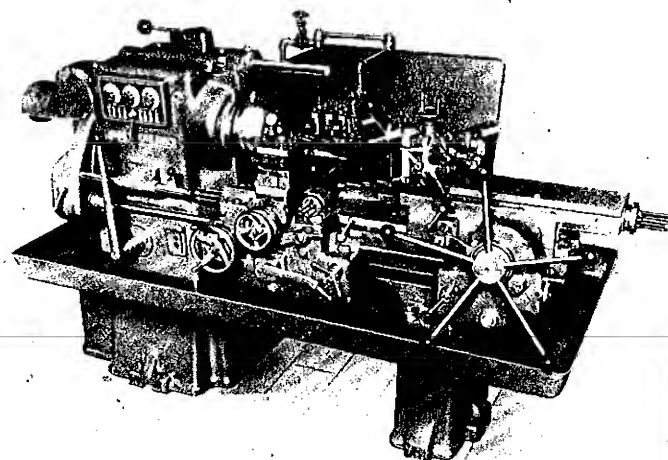
Alésages SR¹ et face arrière SR² (voir sur photo, en haut, à droite, une pièce préparée).

La pièce est montée sur un mandrin cannelé, lui-même pris entre pointes.

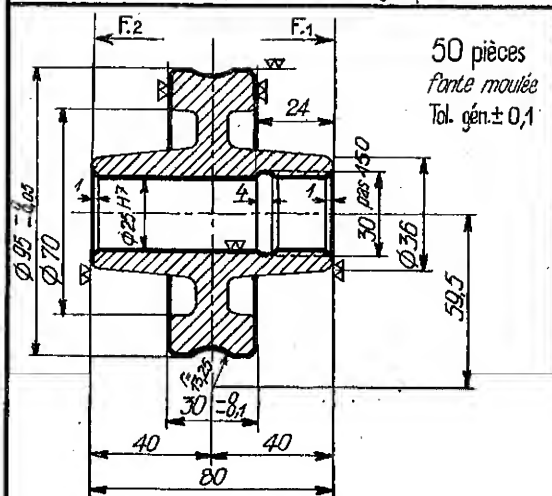
Premier temps : Chariot avant, chariotage ;

Deuxième temps : Chariot arrière, plongée.

Sur chaque chariot, un des outils obéissant à une rampe engendre une des deux surfaces coniques.



TOUR SEMI-AUTOMATIQUE (cliché Noël ERNAULT)



50 pièces
fonte moulée
Tol. gén. ± 0,1

III
Spécifications:
1/- concentricité
φ 25 et φ 25 H7
tol. = 0,02
2/- Voilage
F1 et F2 par
rapport à φ 25
tol. = 0,02

Code
EV = évolution
Emb = embrayer
CV = changer
de vitesse

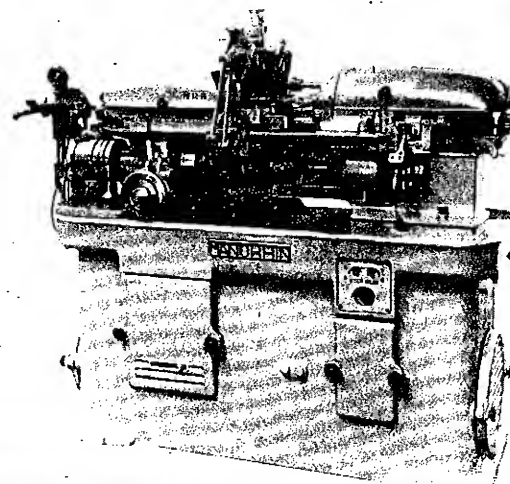
PIÈCE DE TOURNAGE 1/2 AUTOMATIQUE

1ère phase	2ème phase
<p>Équipement 30° (soit par pièce)</p> <p>Monter pièce</p> <p>Al. φ 24 - φ 95,5 - dress. F¹ (ab.) + EV + Emb.</p> <p>Évolution tourelle hexagonale</p> <p>Al. 1/2 finition φ 24 H7 - Al. 28,25 x 24 + EV + Emb + CV.</p> <p>Dressage F1 et tour φ 95 - 2,25</p> <p>Évolution tourelle hexagonale</p> <p>Gorge de 4 - et chanfrein à 70° + EV</p> <p>Dressage F2. Al. 30 - 81 + EV + CV. et chanf.</p> <p>Taraudage φ 30 x 150 + CV</p> <p>Évolution tourelle hexagonale</p> <p>Al. finition φ 25 H7</p> <p>Démontez pièce.</p>	<p>Équipement 20° (soit par pièce)</p> <p>Monter pièce</p> <p>Dressage face L = 10 et chanfrein + Emb</p> <p>Démontez pièce</p>

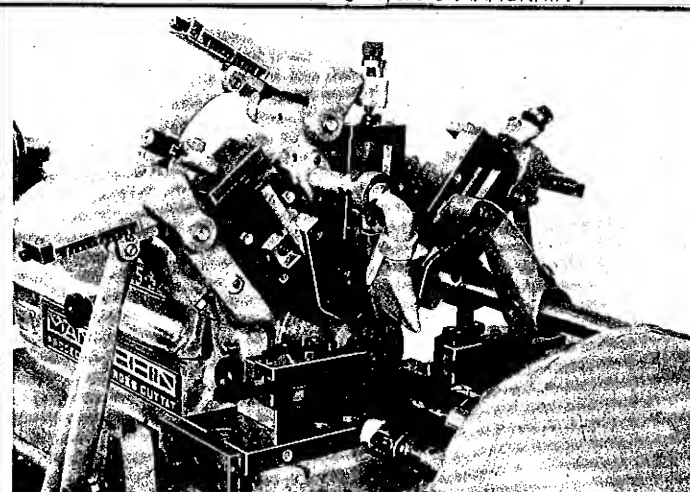
1,20	0,18
1,38	0,08
0,08	0,75
0,13	0,08
0,08	0,30
0,60	0,30
0,08	0,08
0,28	0,18
0,18	

GAMME établie par les Ets Noël ERNAULT

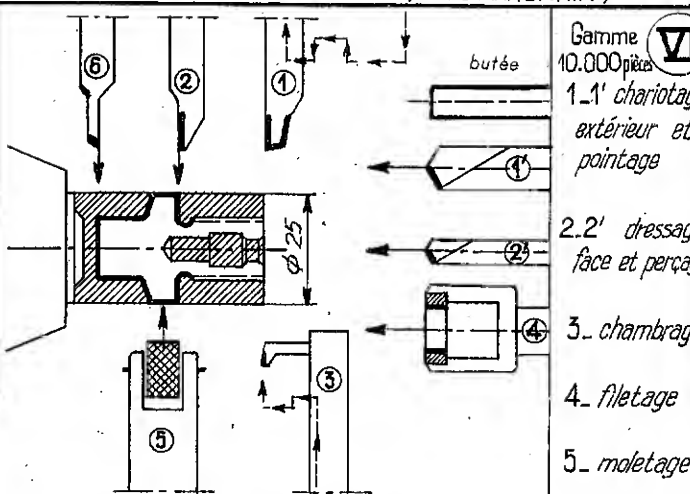
7,85/100



TOUR AUTOMATIQUE (cliché MANURHIN)



CHARIOTS RADIAUX (cliché MANURHIN)



TOURNAGE AUTOMATIQUE "MANURHIN"

Gamme	10.000 pièces
1.1' chariotage	extérieur et pointage
2.2' dressage	face et perçage
3. chambrage	
4. filetage	
5. molaillage	
6. coupe	

Les tours automatiques sont spécialement destinés à l'exécution des pièces en très grandes séries (roulements à billes, pièces pour automobiles et cycles, etc.).

1. LES TOURS SEMI-AUTOMATIQUES A TOURELLE

Ces tours, depuis longtemps construits et utilisés dans les pays anglo-saxons, comportent un cycle entièrement automatique entre le montage et le démontage de la pièce, qui se font à la main.

Ils peuvent tourner des pièces en l'air, prises en barre (φ 10 à 80) ou en mandrin (φ 50 à 400).

La tourelle revolver est entièrement automatique : 1. Avance contre butée ; 2. Recul ; 3. Déblocage ; 4. Rotation ; 5. Blocage...

Les chariots latéraux ou transversaux effectuent les opérations d'extérieur.

Les outils agissent successivement ou simultanément. Il est possible notamment de chariotier extérieurement (chariot) en même temps que l'on perce en bout (tourelle).

Exécution de pièces sur tour semi-automatique.

La machine utilisée est un tour semi-automatique « Noël ERNAULT » (photo 1).

Ex. : Tournage de 50 galets en fonte moulée (fig. III). Le travail se fait en deux phases :

Phase 1. La pièce est serrée en mandrin à trois mors durs par le moyeu (côté F²).

Usinage complet sauf face moyeu F².

Phase 2. La pièce est serrée en mandrin à trois mors doux par le φ 95 (SR¹ = φ 95, SR² = face).

Tournage de la mise d'épaisseur à 80.

Remarque : Le temps total d'exécution par pièce est égal à 7' 85/100 sur tour semi-automatique au lieu de 16' 15/100 sur tour parallèle.

L'économie serait encore plus grande pour une série plus importante que 50 pièces.

2. LES TOURS AUTOMATIQUES

Les tours dits **automatiques** fonctionnent sans intervention d'opérateur pour des séries généralement très importantes (1.000 à 100.000). Même, la mise en position de la pièce est automatique. Les mouvements divers sont commandés par cames.

Tour à barre (capacité φ 3 à 120).

La broche est analogue à celle d'un tour à décolleter, mais le serrage de la barre par pince est automatique (commande par came).

Tour à mandrin (capacité φ 10 à 100).

Il existe des tours automatiques sur lesquels les pièces brutes, dirigées dans une goulotte, viennent se placer d'elles-mêmes entre les mors du mandrin.

Le mandrin est généralement actionné pneumatiquement.

Machines combinées.

Certains tours automatiques sont pourvus de dispositifs permettant d'effectuer sans reprise de la pièce, non seulement le tournage proprement dit, mais d'autres opérations (fraisage, perçage radial, etc.).

Exemple : Vis à tête cylindrique tournée, filetée, puis fendue à la fraise sur la même machine automatique.

Exécution de pièce sur tour automatique.

La machine utilisée est un tour automatique « MANURHIN PF » (photo II) normalement équipé comme suit :

1° Une butée de barre indépendante et réglable ;

2° Un chariot à mouvements transversal et longitudinal situé à l'arrière du tour, utilisé principalement pour le chariotage de pièces simples ou à plusieurs épaulements, une plaquette inclinable permettant de chariotier des pièces coniques ;

3° Un chariot à mouvements longitudinal et transversal situé à l'avant du tour, identique à celui situé à l'arrière de la machine (ce chariot peut être remplacé par un chariot de défonçage à mouvement transversal seulement) ;

4° Un chariot transversal supérieur incliné, à l'avant de la machine, à mouvement plongeant vers l'axe de la barre ;

5° Un chariot transversal supérieur vertical ;

6° Un chariot transversal supérieur incliné, à l'arrière de la machine ;

7° Un appareil perceur-taraudeur remplaçant la tourelle (3 postes).

Ex. : Tournage de 10.000 pièces en acier doux (fig. VI), prisés dans la barre.

Le travail est entièrement automatique.

3. ÉVOLUTION DU TOUR AUTOMATIQUE

La sûreté de fonctionnement des tours automatiques permet de confier parfois toute une batterie de plusieurs machines au même opérateur (lorsque le réglage est au point).

Une autre solution consiste à grouper plusieurs broches sur une même machine. On a ainsi des tours multibroches à trois, quatre ou six broches.

Tours multibroches horizontaux.

Ex. : Tour « GRIDLEY », à quatre broches. Chaque broche porte une barre serrée en pince.

Le travail à faire est réparti en quatre opérations. On dispose de quatre groupes d'outils exécutant chacun une opération. Les quatre bouts des barres sont en usinage simultané par les quatre groupes d'outils, mais entre chaque barre, l'usinage est décalé d'une opération.

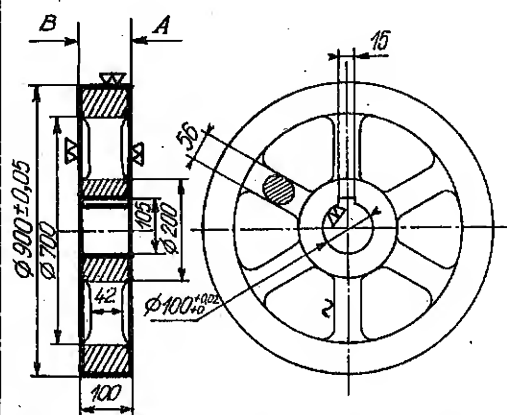
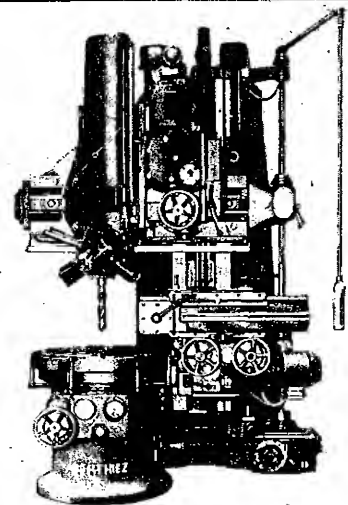
Lorsqu'une pièce tombe de la barre n° 1, le barillet porteur des quatre broches pivote d'un quart de tour ; les outils entrent à nouveau en action jusqu'à ce que la pièce tombe de la barre n° 2, etc.

Tours multibroches verticaux.

Ex. : Tour « GYROMATIC » à six broches verticales. L'usinage est simultané en six stations de travail, de sorte que six pièces sont usinées en même temps et qu'à chaque recul des outils, une pièce tombe de la machine.

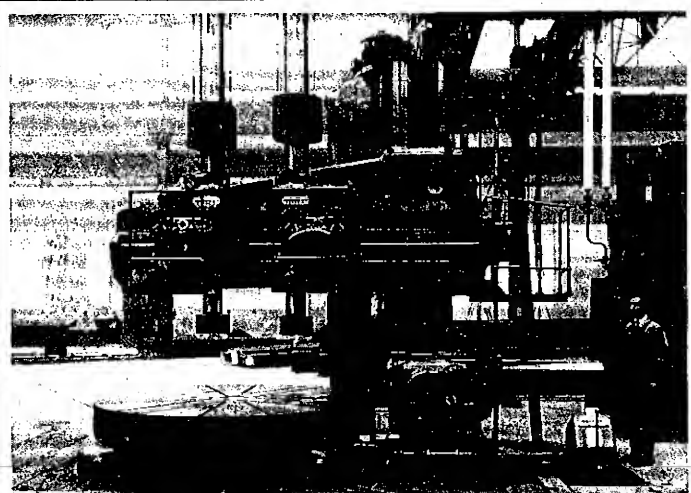
4. CONCLUSION

Nous n'avons examiné que les principaux types de tours automatiques pour travail en grande série. Ces tours sont concurrencés par les tours à reproduire, à commande hydraulique ou électronique et parfois par des machines spécialement conçues pour l'exécution d'une pièce déterminée en très grande série (> 1.000.000).

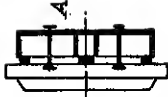





II
Specifications:
concentricité :
 $\phi 90$ et $\phi 100$
(tol. $\pm 0,02$)
voilage des faces
(tol. $\pm 0,05$)
Acier moulé,
 $R = 100 \text{ kg/mm}^2$
Tol. gén. $\pm 0,1$
Usiné partout
 ∇ sauf \sim

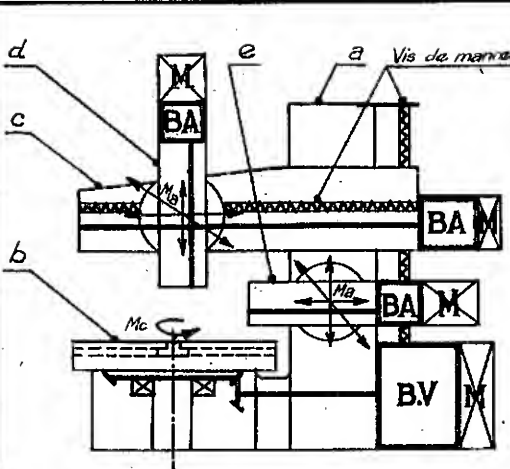
PETIT TOUR VERTICAL A 1 MONTANT (cliché BERTHIEZ)



VOLANT ENTRAÎNEUR

GAMME D' USINAGE				N°		
Elément	Volant	Dessin	880	Repère	J	
Organe	Entraîneur	Mat.	acier moulé	Nb.	2	
Ensemble	Presse					
Ph.	Désignation	Croquis	Outils	Contrôle	Tp.	Tc/m
1	Tournage sur vertical $\phi=17$. ébaucher ± 1 Face A. [alésage jante]		130 (carbure) 130 (A.R.) 130 (carbure)	P à C.	45"	26,66
2	Retourner pièce. ébaucher face B. + 1 mm		- S° -	—	20"	
3	Finir face B. [alésage $\phi 100^{+0,02}$ jante $\phi 90$]		130 (carbure) 14-D. (A.R.)	Tampon $\phi 100^{+0,02}$ P à C.	35"	
4	Retourner pièce - finir face A. épais. 100		130 (carbure)	P à C.	20"	
5	Mortaiser rainure de 15.					
Totaux.....					45"	101,66
					et pour 2 pièces 45" + 203,32	

GROS TOUR VERTICAL A 1 MONTANT (cliché BERTHIEZ)



V
a. Montant
vertical
b. Plateau
porte-pièce
c. Traverse
porte-chariot
d. Chariot
vertical
e. Chariot
horizontal

Code
BA = boîte avances
BV = boîte vitesse
M = Moteur

CHAÎNE CINÉMATIQUE

Les difficultés de montage et de centrage des pièces lourdes et encombrantes, de grand diamètre et faible longueur ($L < D$) sont réduites par l'usage du tour à axe vertical. La **SR** du plateau, toujours perpendiculaire à la broche, est horizontale. La pièce posée sur le plateau est d'elle-même en équilibre stable avant bridage.

1. EXAMEN DU TOUR VERTICAL (fig. V)

Le banc est composé d'un ou deux montants verticaux. L'axe de la broche est vertical (d'où le nom du tour). Le plateau porte-pièce est une table circulaire reposant sur une glissière circulaire (plane ou en v) ou sur un roulement annulaire de grand diamètre (ce qui évite les déformations d'origine thermique). Le plateau peut donc recevoir de fortes charges, sa capacité varie de $\phi = 0,5$ à 18 m.

L'entraînement du plateau se fait par grande couronne dentée et pignon conique moteur relié à la boîte des vitesses.

Montage de la pièce.

Le centrage est facile car la pièce n'a pas tendance à s'échapper comme sur le tour parallèle.

Utiliser craie (pièce brute) ou comparateur (pièce usinée en reprise). La pièce est fixée sur le plateau entre mors à commande individuelle (plateau à quatre mors indépendants des petits tours verticaux) ou par griffes à pompe, brides et boulons, etc. (gros tours verticaux). L'équilibrage n'est pas indispensable.

Remarque : Les tours verticaux modernes sont parfois équipés d'un variateur de vitesse actionné à distance (groupe WARD LÉONARD) avec boîte à boutons pendante.

Dans ce cas, la vitesse de rotation peut être changée instantanément, même en cours de coupe (à utiliser pour le dressage afin de conserver constante la vitesse de coupe).

Porte-outils.

Les tours verticaux permettent la mise en œuvre simultanée de un ou plusieurs outils de coupe. Dans ce but, ils sont équipés de deux groupes de chariots porte-outils.

1^{er} groupe : Chariots porte-outils verticaux (un ou deux suivant les dimensions du tour.) (Photos I et III.) Ils sont montés sur la traverse horizontale par l'intermédiaire d'une semelle circulaire pivotante et graduée.

La traverse sert à approcher les chariots de la pièce et reste bloquée sur les montants lors de la coupe. Seuls les chariots se déplacent sur leurs glissières. A cet effet ils possèdent :

Une avance automatique **Ma** perpendiculaire à l'axe (déplacement sur la traverse).

Une avance automatique **Ma** parallèle ou oblique à l'axe (déplacement du coulisseau du chariot dans sa coulisse).

Montage de l'outil sur un tour à chariot vertical (photo I).

La tourelle revolver pivotante a six postes porte-outils. Elle est réservée plus spécialement aux travaux d'intérieur ou de dressage. Le pivotement de la tourelle est assuré à la main. Sur le tour vertical à deux chariots verticaux (photo III), les tourelles sont du modèle carré ordinaire et permettent le montage de l'outil dans trois positions.

2^e groupe : Chariot porte-outils horizontal ou latéral.

Il est monté sur le montant et possède :

Une avance **Ma** automatique parallèle à l'axe (déplacement sur le montant).

Une avance **Ma** automatique perpendiculaire ou oblique à l'axe (déplacement du coulisseau dans sa coulisse).

Les outils sont fixés dans une tourelle carrée.

Remarques :

1. Sur les tours verticaux modernes, les avances automatiques sont réalisées par boîtes d'avances séparées, commandées chacune par moteur individuel monté sur chariot porte-outils.

2. L'ensemble traverse-chariots verticaux et le chariot latéral sont équilibrés pour faciliter leurs déplacements. Le recul de l'outil est assuré rapidement et automatiquement par système à « retour rapide ».

3. Le tour vertical convient particulièrement pour le chariotage, le dressage, l'alésage. Il peut également être équipé pour le filetage.

4. Tous les chariots sont munis de butées pour les travaux en série.

2. EXÉCUTION D'UNE PIÈCE SUR TOUR VERTICAL Gamme d'usinage. (fig. IV).

Dimensions de la pièce à usiner : $\phi 900 \times 100$ (fig. II).

Tour utilisé :

Tour vertical à un montant avec plateau de $\phi \geq 1 \text{ m}$.

Observations sur la conduite du travail.

État de la pièce brute.

Venue de fonderie avec trou central.

Surépaisseurs d'usinage $\approx 5 \text{ mm}$ sur les surfaces à usiner.

Rigidité. Cette pièce est assez rigide, donc peu déformable. Placer cependant des vérins entre les bras et le plateau à l'aplomb des serrages par brides (pour l'ébauche).

Fixation de la pièce.

Phase 1. La face brute repose sur trois cales, elle est maintenue par des brides serrant fortement sur les bras.

Phase 2. La face précédemment usinée **A** repose sur quatre cales identiques. Le centrage se fait à la craie par tapotement latéral sur la saillie.

Phase 3. Les brides sont desserrées avant la finition pour éliminer les tensions développées pendant l'ébauche.

En finition, le serrage des brides est modéré (supprimer les vérins sous les bras).

Phase 4. La face **B** repose directement sur le plateau (nettoyer avant pose de la pièce).

Exécution : Conduire les deux pièces en série (travail en reprise).

Qualité des surfaces à réaliser ($\nabla \nabla$).

Jantes et faces propres. Alésage lisse ($H 7$).

Le diamètre extérieur et l'alésage seront concentriques (tolérance $\pm 0,02$). Voilage des faces ($\pm 0,05$).

Phase 1. Monter la pièce, simultanément ébaucher : l'alésage (chariot vertical) et la jante (chariot horizontal).

Choisir un outil en **AR** pour l'alésage et un outil carbure **S1** pour la jante, ce qui permet une vitesse de coupe $V = 15 \text{ m/mn}$ dans l'alésage et $V = 142 \text{ m/mn}$ sur la jante ($n = 50 \text{ t/mn}$, $a = 0,3 \text{ mm}$).

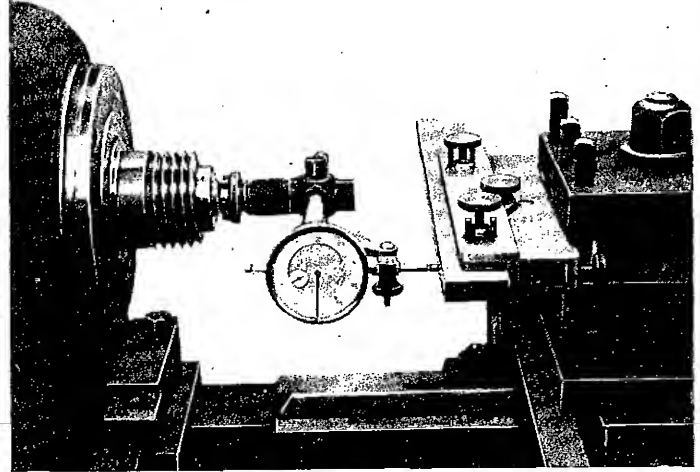
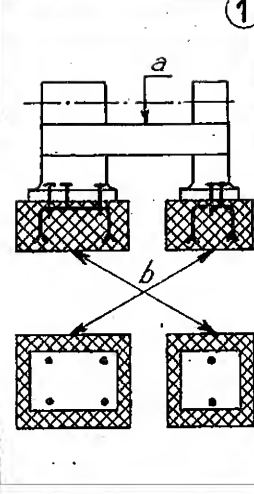
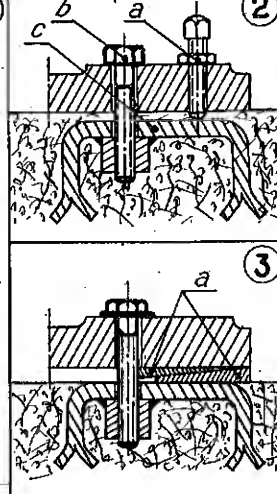
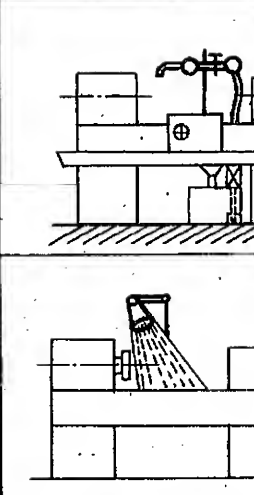
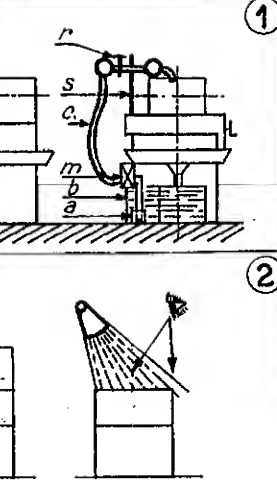
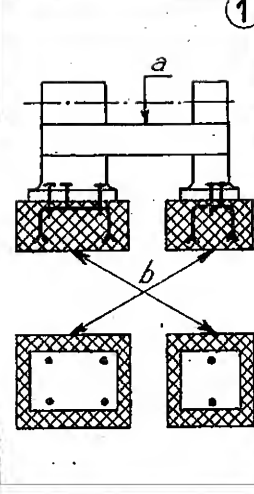
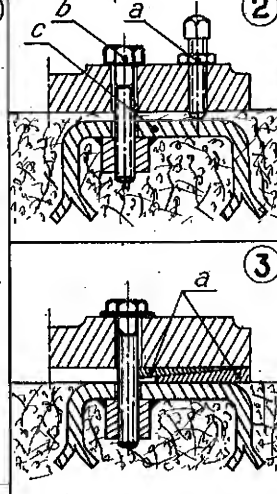
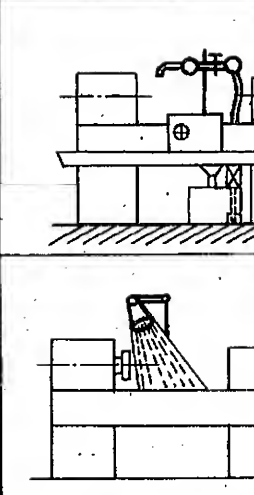
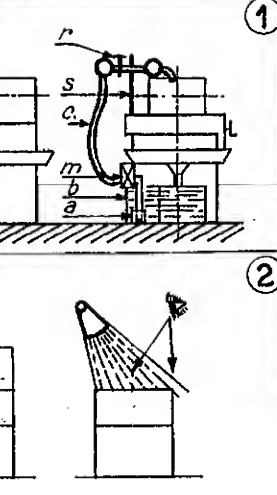
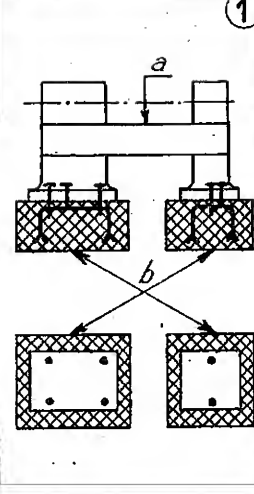
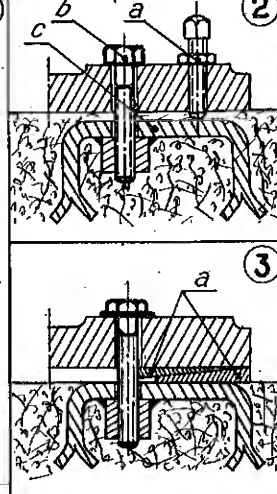
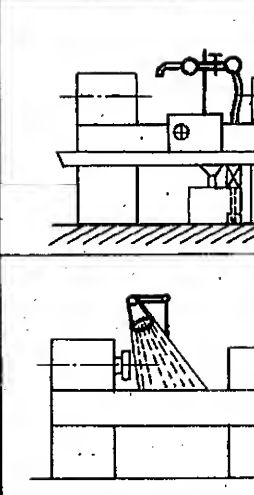
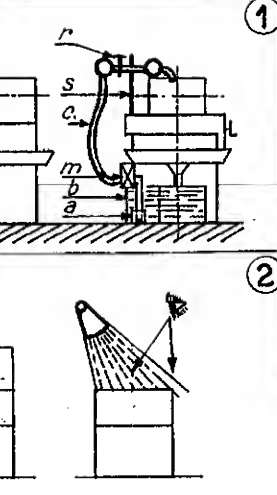
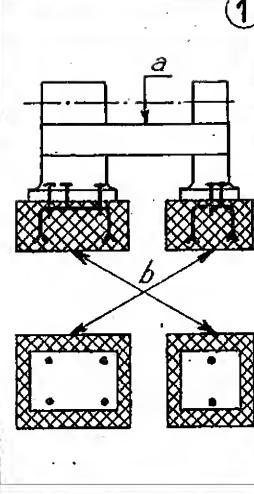
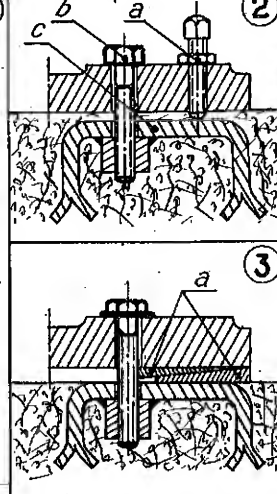
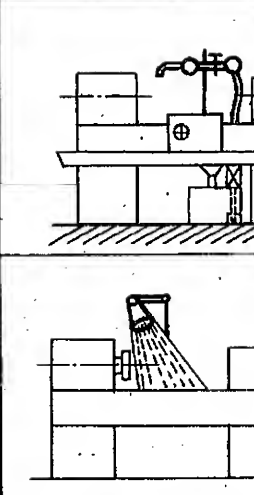
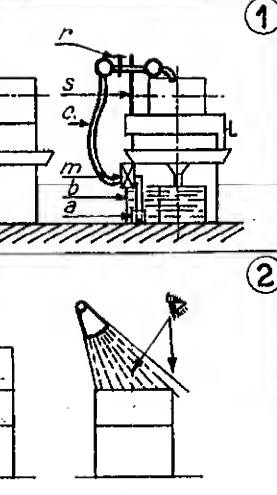
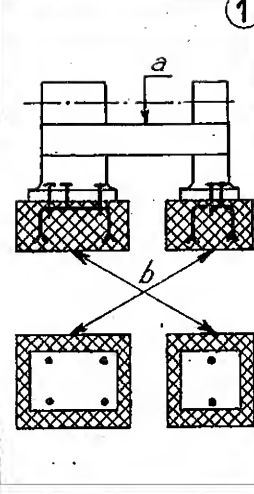
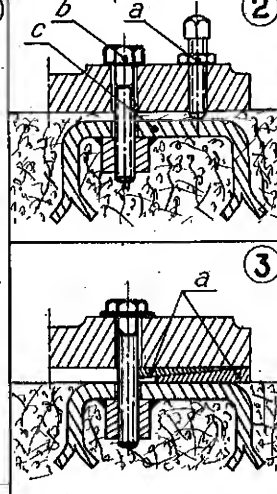
Ébaucher la face **A** avec le chariot horizontal (le chariot vertical doit être dégagé).

Phase 2. Retourner la pièce, ébaucher la face **B** (chariot horizontal).

Phase 3. Finir l'alésage (outil \pm , alésoir). Finir la jante. Finir la face **B** (chariotage vertical).

Phase 4. Retourner la pièce. Finir la face **A** (chariotage horizontal).

Phase 5. Mortaiser la rainure 15×5 (sur machine à mortaiser).

Planche 35		VÉRIFICATION , INSTALLATION ET ENTRETIEN DU TOUR PARALLÈLE			
					
VÉRIFICATION (cliché ESSAIS M.O.)					
				III	
1. Fixation a. tour b. massifs béton		2. Nivellement par vérins a. vis vérin b. vis de blocage c. écrou à pattes			
				V	
3. Nivellement par coins a. coins					
SCELLEMENT DU TOUR				VÉRIFICATION GÉOMÉTRIQUE (partielle)	
				VI	
1. Arrosage a. pompe b. réservoir c. canalisation m. moteur r. robinet s. support		2. Éclairage individuel (champ d'action)			
					
ÉQUIPEMENT DU TOUR				ÉPREUVES PRATIQUES D'ESSAI	
				1	
Cylindrage an l'air $L = H.d.P$ $D > \frac{1}{4} H.d.P$		Dressage de face $L = H.d.P$ $D = H.d.P$		Palmer	
				2	
Cylindrage entre-pointes $L = EP$ $D = \frac{1}{2} L$		Cylindrage entre-pointes $L = \frac{1}{2} EP$ $D = \frac{1}{2} L$		Palmer	
				3	
Filetage .S.I. $L = 300$				Appareils spéciaux	
				4	
				30 μ /m	
				5	
				30 μ /300	

Le tour parallèle est une machine-outil de précision, capable d'engendrer des pièces de qualité 6 à 7 (IT = 10 à 50 microns). Pour garantir ce résultat, les constructeurs de tours s'appliquent à réaliser des mécanismes dix fois plus précis dans leurs parties essentielles (qualité = 4 à 5).

Ces tolérances sont définies par les normes SALMON :
Parallélisme des glissières (20 μ par mètre de longueur).
Faux-rond de la pointe vive (10 μ).
Faux-rond du centrage ou du plateau (5 à 10 μ), etc.
La précision du tour parallèle garantit celle de ses produits. Encore faut-il que l'installation soit correcte ainsi que l'entretien.

1. VÉRIFICATION GÉOMÉTRIQUE DU TOUR PARALLÈLE (fig. II).

Elle s'applique aux organes porte-pièce et porte-outil :
Surfaces de références : SR pièce sur porte-pièce.
Trajectoires : Des mouvements d'avance Ma de l'outil.
Avant toute mesure, il convient de dégauchir le tour d'après son propre plan de référence, qui est la surface de guidage du banc (fig. II, 1).

2. INSTALLATION DU TOUR PARALLÈLE

La durée de la précision d'un tour dépend essentiellement de l'état du sol. Prévoir pour chaque pied un massif en béton dans lequel sont noyés les écrous de scellement, et des fers plats qui faciliteront le réglage de niveau (fig. III, 1).

3. MISE DE NIVEAU

La mise de niveau doit être rigoureuse, surtout dans le sens transversal pour éviter toute torsion du banc. Cette opération se fait à l'aide de vis de réglage formant vérins (fig. III, 2) avec contrôle au niveau de précision.

Quand ces vis n'ont pas été prévues par le fabricant, le calage nécessite des coins métalliques à très faible pente (3°), placés sur des cales également métalliques (fig. III, 3).

4. MISE EN MARCHÉ

Pour un tour neuf, il faut suivre les instructions du fabricant : branchement électrique, graissage, rodage, etc. En règle générale, faire fonctionner le tour mécaniquement « à vide » pendant cinq heures au minimum. Commencer par les vitesses de rotations basses. Observer les échauffements anormaux qui se produisent (les broches montées sur roulements peuvent atteindre sans danger dans la zone des patiers une température de 60° C). Après cet essai on procède à la vérification géométrique et à l'exécution des épreuves pratiques de réception.

5. ÉPREUVES PRATIQUES

Elles sont également précisées par les normes SALMON. On usine des pièces de formes et de dimensions déterminées. En cas de discordance entre les résultats de la vérification géométrique et ceux des épreuves pratiques, ces dernières font autorité.

Ces épreuves permettent de vérifier au moyen des travaux effectués les capacités suivantes :

Tourner rond.
Tourner cylindrique.
Dresser plan.
Filer un pas donné.

Par montage entre pointes ou en l'air (fig. VI).

6. ÉQUIPEMENT DU TOUR

Arrosage (fig. V, 1).

Tous les tours modernes sont pourvus par le fabricant d'une installation d'arrosage (lubrification et refroidissement de l'outil et de la pièce); la pompe est actionnée par un moteur autonome.

Un robinet généralement fixé sur le support d'outil (à l'arrière du trainard) est alimenté par des canalisations articulées ou souples (l'emploi de tuyaux en matière plastique est économique). Le liquide d'arrosage est souvent : 97 % eau + 3 % huile soluble. Sa couleur le fait appeler communément « eau de savon ». Il ne doit pas colmater les canalisations, ni provoquer l'oxydation des parties métalliques.

Éclairage artificiel du poste de travail (fig. V, 2).

L'idéal est un éclairage naturel ou artificiel permettant de voir le travail de l'outil, de mesurer et de lire les cotes sur les vérificateurs, sans effort visuel excessif (intensité lumineuse de 120 lux, au poste de travail devant la pointe fixe).

L'éclairage individuel complétant éventuellement l'éclairage d'ensemble de l'atelier ne doit pas gêner le tourneur. Pour éviter les rayons lumineux réfléchis par la pièce en rotation, la source lumineuse doit être placée sur un support réglable, en dessous du champ visuel de l'opérateur et dirigée vers l'outil. Une lampe de 40 watts bien disposée convient généralement.

7. ENTRETIEN DU TOUR PARALLÈLE

Graissage poupée fixe, boîte des vitesses et boîte des avances.

Les tours modernes sont graissés automatiquement par une pompe incorporée. Se conformer aux recommandations du constructeur pour l'emploi des huiles de graissage et le remplissage des réservoirs.

Effectuer périodiquement la vidange et le renouvellement de l'huile (tous les deux à trois mois).

Des niveaux et des viseurs permettent de constater le remplissage et la bonne circulation de l'huile.

Graissage général.

Il est effectué sous pression par des graisseurs individuels fixés auprès des parties tournantes (pignons, vis-mère, barre de chariotage, etc.) et des parties frottantes (banc et glissières).

Nettoyage.

Le nettoyage du tour porte essentiellement sur les parties frottantes. Nettoyer fréquemment après les opérations d'ébauche ou de finition (chariotage et filetage). Préserver les surfaces frottantes des copeaux de fonte, d'abrasif, des crasses métalliques (croûte de pièce brute) et de l'oxydation (rouille).

Huiler légèrement après nettoyage, préserver les glissières des chocs lors des montages des appareillages ou des pièces.

Prévoir des planchettes pour recevoir les clés de service.

8. INSTALLATION DU TOURNEUR

Le tourneur doit trouver sous sa main, sans déplacement ni gestes inutiles, tout ce dont il a besoin : prévoir un support spécial pour les dessins d'exécution qui doivent être visibles pendant le travail et ne pas gêner le tourneur.

Prévoir un ou deux placards d'outillage pour les outils et les accessoires (clés, plateau, mandrin, douilles, cales, etc.).

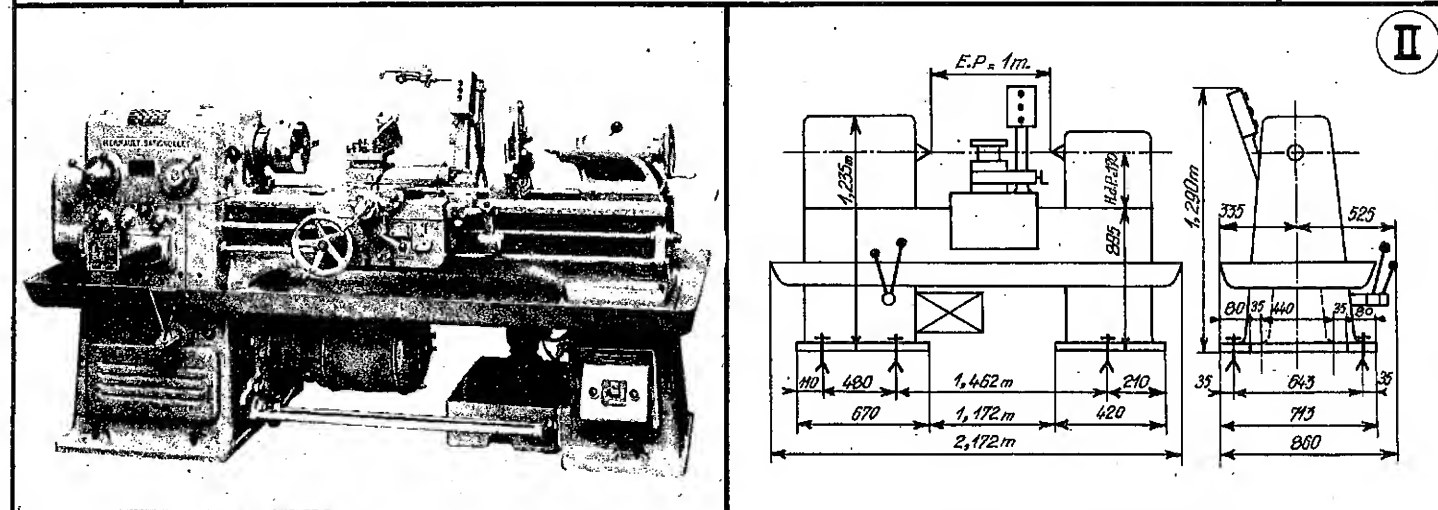
Les pièces en cours d'usinage (travail en série) nécessitent une table de service. Les instruments de contrôle doivent être placés à portée de main sur une planchette bien protégée.

Planche

36

CARACTÉRISTIQUES D'UN TOUR PARALLÈLE

Tour parallèle à chariotier et fileter "ERNAULT" H.170



TOUR PARALLÈLE H.d.P. 170 (claté ERNAULT.B)

SCHEMA D'ENCOBAIN

FICHE D'APTITUDE

H	50	80	125	200	1
		63	100	160	250
V	400	640	1.000	1.600	1
		500	800	1.250	2.000
	A	B	C	D	

III
Vitesses de broche en tours minute
n t/mn.

	1	2	3	4	5	6	7
A	1	1,125	1,25	1,375	1,5	1,625	1,75
B	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5
C	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
D	8	9	10	11	12	13	14

Pas métriques pour filetage
(rapport sur tête de cheval: 1/4).
p. en mm.

VITESSES DE BROCHE - PAS MÉTRIQUES

	1	2	3	4	5	6	7
A	0,1	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17
B	0,2	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,35
C	0,4	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
D	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4

V
Avances longitudinales
(rapport: 1/4)
a en mm.
(1/4 pas métriques)

	1	2	3	4	5	6	7
A	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,108	0,11
B	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23
C	0,26	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46
D	0,53	0,60	0,66	0,73	0,80	0,86	0,93

Avances transversales
(rapport: 1/4)
a en mm.
(1/4 pas métriques)
environ

AVANCES

1 Capacité. Banc droit. H.d.P. =
Diamètre maxi. passent au dessus du banc.
Diamètre maxi. passent au dessus des chariots.
Longueur maxi. entre pointes. E.P. =

2 Poupée fixe.
Nex. de broche conique - "Standard Américain"
Cône de la broche: Morse N°5. Alésage
Nombre de vitesses de la broche: 16 de 50 à 2.000 t/mn

3 Boîte d'avances. (rapport sur tête de cheval = 1/4).
28 pas métriques.
28 pas anglais. de 28 à 2 filets au pouce.
28 avances longitudinales.
28 avances transversales.
Pas de la vis mère.
Amplification des pas (Marche ou harnais-poupée).

4 Chariots.
Course chariot pivotant.
Section des outils.
Pas de la vis transversale.
Pas de la vis du chariot pivotant.

5 Contre-pointe.
Diamètre du fourreau: 84. Cône du fourreau:

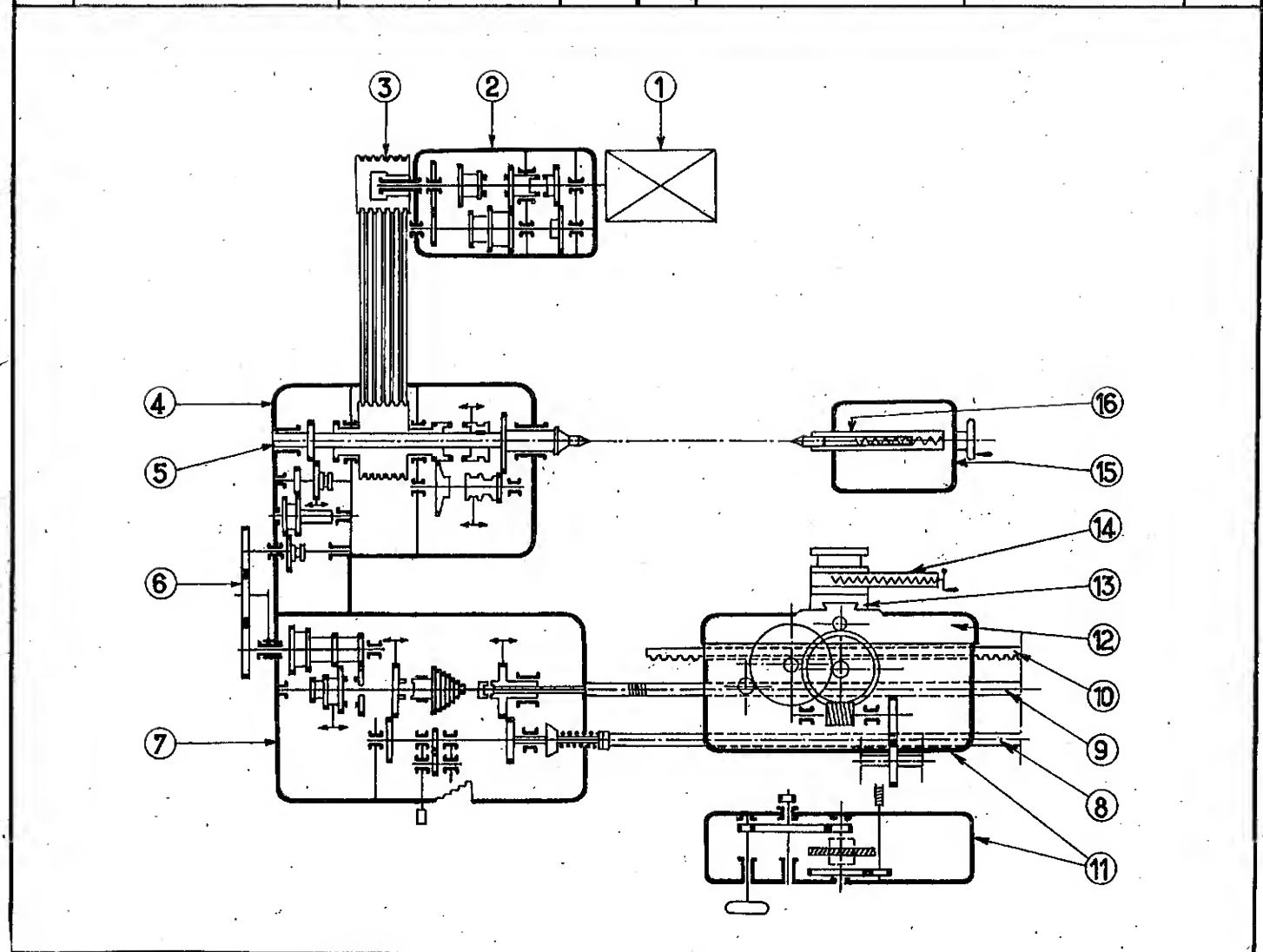
6 Moteur. Puissance 10 ch. (Vitesse à vide = 3.000 t/mn)

7 Accessoires normaux.
Mandrin universel 3 mors et plateau-toc: Ø 200
Lunette Fixe - (diamètres admis: Maxi. 90. Mini: 10).
Lunette à suivre - (diamètres admis: Maxi. 90. Mini: 10).
Appareil indicateur d'embrayage pour filetage.
Pignons de 15 à 30 dents pour pas spéciaux.

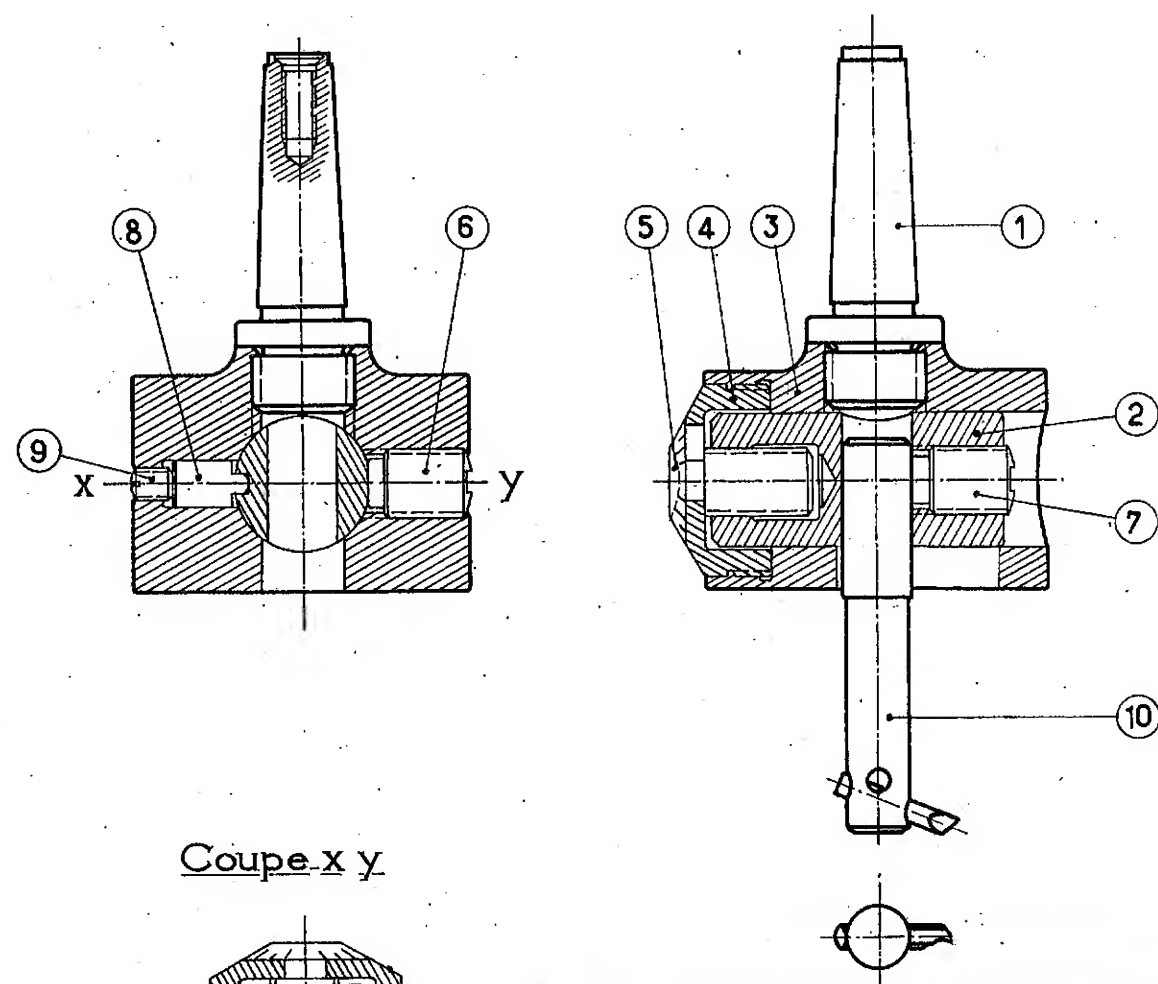
8 Accessoires spéciaux.
Appareil reproducteur pour cônes - Tourelle d'alésage à 6 outils.
Reta-outil A.R. - Pointe tournante N°4. Plateau à trous Ø 330
Butées micrométriques sur le banc.

IV
190
350
245
1m.
Ø 32
de 1 à 14
de 0,1 à 1,4
de 0,08 à 0,9
6mm
B.
160
20x20
4mm.
2,5mm.
Morse N°4
Ø 200
Mini: 10).
Mini: 10).
à 6 outils.
Ø 330

Planche 37 CHAÎNE CINÉMATIQUE d'un TOUR PARALLÈLE							
Tour parallèle à chariotier et fileter "ERNAULT" H.170							
Repères	Désignation	Fonctions	Leçons	Repères	Désignation	Fonctions	Leçons
1	Moteur électrique	Moteur	15	9	Vis mère	Exécution p	11-25
2	Boîte de vitesses	Sélection n.	15	10	Crémaillère	Ma. longitudinal à main	2
3	Poulie motrice	Transmission n.	7	11	Tablier	Support	5-15
4	Poupée fixe	Support broche	7	12	Trainard		5-16
5	Broche	Support entraînement pièce.	7 et 35	13	Chariot transversal		5-16
6	Train d'engrenages sur tête de cheval	Variation p.	11 et 25	14	Chariot pivotant	Porte-outils	5-24
7	Boîte des filetages et avances	Sélection p ou a.	11, 15, 25	15	Contre-poupée		7-18
8	Barre de chariotage	Transmission Ma.	2	16	Fourreau	Support contre-pointe	7-18



ENSEMBLE DE PIÈCES TOURNÉES Porte-outil aléueur



Coupe x y

N°	Désignation	Mode d'exécution	Leçons
10	Outil grain ajusté	Ajustage - Perçage	29
9	Vis. blocage de ⑧	Décolletage - Filetage	17-25
8	Ergot	Tournage en l'air	17
7	Vis de blocage de ⑩	Décolletage - Filetage	17-25
6	Vis de blocage de ②	Décolletage - Filetage	17-25
5	Vis de commande	Décolletage - Filetage	17-25
4	Bouchon	Tournage en l'air	17
3	Corps	Tournage sur équerre	22-23
2	Porte-outil	Tournage en l'air	17
1	Cône entraîneur	Tournage conique-Filetage	24-25

NOMENCLATURE

TOLÉRANCES SYSTÈME A LIMITES INTERNATIONAL (VALEURS EN MICRONS)

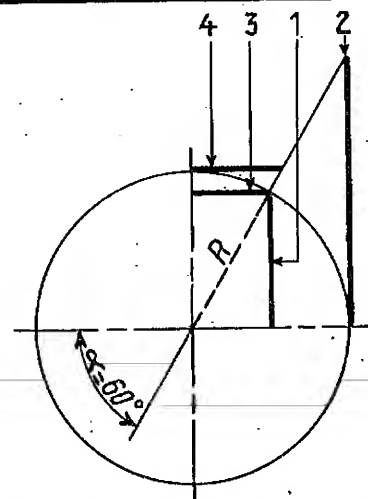
PIÈCES									VÉRIFICATEURS									
3 à 6 inclus	6 à 10 inclus	10 à 18 inclus	18 à 30 inclus	30 à 50 inclus	50 à 80 inclus	80 à 120 inclus	120 à 180 inclus	Cotes en mm ↔		Cotes en mm ↔	3 à 6 inclus	6 à 10 inclus	10 à 18 inclus	18 à 30 inclus	30 à 50 inclus	50 à 80 inclus	80 à 120 inclus	120 à 180 inclus
+ 480	+ 580	+ 700	+ 840	+ 1 000	+ 1 200	+ 1 400	+ 1 600	Maxi	H 15	N'entre pas	+ 486 474	+ 587,5 572,5	+ 709 691	+ 850,5 829,5	+ 1 012,5 987,5	+ 1 215 1 185	+ 1 417,5 1 382,5	+ 1 620 1 580
0	0	0	0	0	0	0	0	Mini		Entre	+ 54 42	+ 63,5 48,5	+ 73 55	+ 82,5 61,5	+ 92,5 67,5	+ 105 75	+ 117,5 82,5	+ 130 90
								Usure		0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ 18	+ 22	+ 27	+ 33	+ 39	+ 46	+ 54	+ 63	Maxi	H 8	N'entre pas	+ 19,5 16,5	+ 23,5 20,5	+ 28,5 25,5	+ 35 31	+ 41 37	+ 48,5 43,5	+ 57 51	+ 67 59
0	0	0	0	0	0	0	0	Mini		Entre	+ 4,5 1,5	+ 4,5 1,5	+ 5,5 2,5	+ 7 3	+ 8 4	+ 9,5 4,5	+ 11 5	+ 13 5
								Usure		- 3	- 3	- 4	- 4	- 5	- 5	- 6	- 6	- 6
+ 12	+ 15	+ 18	+ 21	+ 25	+ 30	+ 35	+ 40	Maxi	H 7	N'entre pas	+ 13,5 10,5	+ 16,5 13,5	+ 19,5 16,5	+ 23 19	+ 27 23	+ 32,5 27,5	+ 38 32	+ 44 36
0	0	0	0	0	0	0	0	Mini		Entre	+ 3,5 0,5	+ 3,5 0,5	+ 4 1	+ 5 1	+ 5,5 1,5	+ 6,5 1,5	+ 8 2	+ 10 2
								Usure		- 1,5	- 1,5	- 2	- 3	- 3	- 3	- 4	- 4	- 4
- 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	Maxi	e 9	N'entre pas	- 48 52	- 59 63	- 72,5 77,5	- 89 95	- 108,5 115,5	- 130 138	- 154 164	- 179 191
- 50	- 61	- 75	- 92	- 112	- 134	- 159	- 185	Mini		Entre	- 24 28	- 30 34	- 37,5 42,5	- 46 52	- 57,5 64,5	- 69 77	- 82 92	- 97 109
								Usure		- 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	- 85
- 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	Maxi	e 7	N'entre pas	- 30,5 33,5	- 38,5 41,5	- 48,5 51,5	- 59 63	- 73 77	- 87,5 92,5	- 104 110	- 121 129
- 32	- 40	- 50	- 61	- 75	- 90	- 107	- 125	Mini		Entre	- 20,5 23,5	- 25,5 28,5	- 33 36	- 41 45	- 51,5 55,5	- 61,5 66,5	- 74 80	- 87 95
								Usure		- 18,5	- 23,5	- 30	- 37	- 47	- 57	- 68	- 81	- 81
- 10	- 13	- 16	- 20	- 25	- 30	- 36	- 43	Maxi	f 7	N'entre pas	- 20,5 23,5	- 26,5 29,5	- 32,5 35,5	- 39 43	- 48 52	- 57,5 62,5	- 68 74	- 79 87
- 22	- 28	- 34	- 41	- 50	- 60	- 71	- 83	Mini		Entre	- 10,5 13,5	- 13,5 16,5	- 17 20	- 21 25	- 26,5 30,5	- 31,5 36,5	- 38 44	- 45 53
								Usure		- 8,5	- 11,5	- 14	- 17	- 22	- 27	- 32	- 39	- 39
- 4	- 5	- 6	- 7	- 9	- 10	- 12	- 14	Maxi	g 6	N'entre pas	- 10,5 13,5	- 12,5 15,5	- 15,5 18,5	- 18 22	- 23 27	- 26,5 31,5	- 31 37	- 35 43
- 12	- 14	- 17	- 20	- 25	- 29	- 34	- 39	Mini		Entre	- 4,5 7,5	- 5,5 8,5	- 7 10	- 8 12	- 10,5 14,5	- 11,5 16,5	- 14 20	- 16 24
								Usure		- 2,5	- 3,5	- 4	- 4	- 6	- 7	- 8	- 10	- 10
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 13	N'entre pas	- 174 190	- 212,5 227,5	- 261 279	- 329,5 340,5	- 378,5 402,5	- 445 475	- 522,5 557,5	- 610 650
- 180	- 220	- 270	- 330	- 390	- 460	- 540	- 630	Mini		Entre	- 18 30	- 20,5 35,5	- 23 41	- 25,5 46,5	- 29,5 54,5	- 33 63	- 36,5 71,5	- 40 80
								Usure		0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 8	N'entre pas	- 16 20	- 20 24	- 24,5 29,5	- 30 36	- 35,5 42,5	- 42 50	- 49 59	- 57 69
- 18	- 22	- 27	- 33	- 39	- 46	- 54	- 63	Mini		Entre	- 1 5	- 1 5	- 1,5 6,5	- 2 8	- 2,5 9,5	- 3 11	- 3 13	- 3 15
								Usure		+ 3	+ 3	+ 4	+ 4	+ 5	+ 5	+ 6	+ 6	+ 6
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 7	N'entre pas	- 10,5 13,5	- 13,5 16,5	- 16,5 19,5	- 19 23	- 23 27	- 27,5 32,5	- 32 38	- 36 44
- 12	- 15	- 18	- 21	- 25	- 30	- 35	- 40	Mini		Entre	- 0,5 3,5	- 0,5 3,5	- 1 4	- 1 5	- 1,5 5,5	- 1,5 6,5	- 2 8	- 2 10
								Usure		+ 1,5	+ 1,5	+ 2	+ 3	+ 3	+ 3	+ 4	+ 4	+ 4
0	0	0	0	0	0	0	0	Maxi	h 6	N'entre pas	- 6,5 9,5	- 7,5 10,5	- 9,5 12,5	- 11 15	- 14 18	- 16,5 21,5	- 19 25	- 21 28
- 8	- 9	- 11	- 13	- 16	- 19	- 22	- 25	Mini		Entre	- 0,5 3,5	- 0,5 3,5	- 1 4	- 1 5	- 1,5 5,5	- 1,5 6,5	- 2 8	- 2 10
								Usure		+ 1,5	+ 1,5	+ 2	+ 3	+ 3	+ 3	+ 4	+ 4	+ 4

— Pièces étudiées dans ce fascicule
— Pièces non étudiées

LIGNES TRIGONOMÉTRIQUES

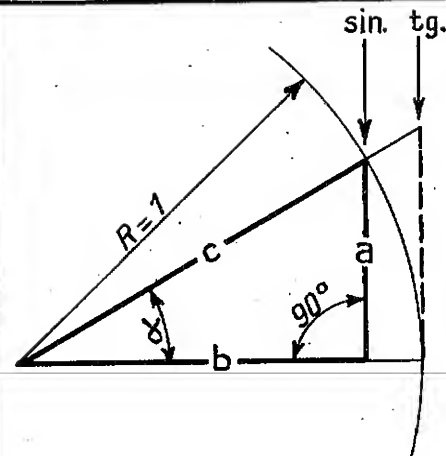
dans un cercle de rayon R=1

DEGRÉS	Sin	Tg	Cotg	Cos	
0	0,000	0,000	∞	1,000	90
1	0,017	0,017	57,289	0,999	89
2	0,034	0,034	28,632	0,999	88
3	0,052	0,052	19,081	0,998	87
4	0,069	0,069	14,300	0,997	86
5	0,087	0,087	11,430	0,996	85
6	0,104	0,105	9,514	0,994	84
7	0,121	0,122	8,144	0,992	83
8	0,139	0,140	7,115	0,990	82
9	0,156	0,158	6,313	0,987	81
10	0,173	0,176	5,671	0,984	80
11	0,190	0,194	5,144	0,981	79
12	0,207	0,212	4,704	0,978	78
13	0,224	0,230	4,331	0,974	77
14	0,241	0,249	4,010	0,970	76
15	0,258	0,267	3,732	0,965	75
16	0,275	0,286	3,487	0,961	74
17	0,292	0,305	3,270	0,956	73
18	0,309	0,324	3,077	0,951	72
19	0,325	0,344	2,904	0,945	71
20	0,342	0,363	2,747	0,939	70
21	0,358	0,383	2,605	0,933	69
22	0,374	0,404	2,475	0,927	68
23	0,390	0,424	2,355	0,920	67
24	0,406	0,445	2,246	0,913	66
25	0,422	0,466	2,144	0,906	65
26	0,438	0,487	2,050	0,898	64
27	0,453	0,509	1,962	0,891	63
28	0,469	0,531	1,880	0,882	62
29	0,484	0,554	1,804	0,874	61
30	0,500	0,577	1,732	0,866	60
31	0,515	0,600	1,664	0,857	59
32	0,529	0,624	1,600	0,848	58
33	0,544	0,649	1,539	0,838	57
34	0,559	0,674	1,482	0,829	56
35	0,573	0,700	1,428	0,819	55
36	0,587	0,726	1,376	0,809	54
37	0,601	0,753	1,327	0,798	53
38	0,615	0,781	1,279	0,788	52
39	0,629	0,809	1,234	0,777	51
40	0,642	0,839	1,191	0,766	50
41	0,656	0,869	1,150	0,754	49
42	0,669	0,900	1,110	0,743	48
43	0,681	0,932	1,072	0,731	47
44	0,694	0,965	1,035	0,719	46
45	0,707	1,000	1,000	0,707	45



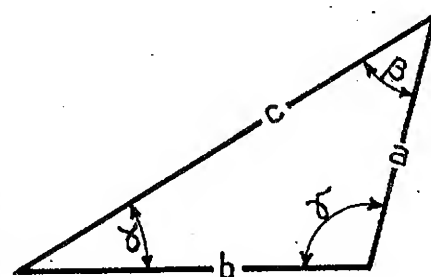
1. Sinus.
2. Tangente.
3. Cosinus.
4. Cotangente.
R(rayon) = 1
Exemple: $\alpha = 60^\circ$
 $\sin 60^\circ = 0,866$
 $\tan 60^\circ = 1,732$
 $\cos 60^\circ = 0,5$
 $\cot 60^\circ = 0,577$

CERCLE TRIGONOMETRIQUE



$\sin \alpha = \frac{a}{c}$
 $\cos \alpha = \frac{b}{c}$
 $c = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha}$
 $a = c \sin \alpha$
 $b = c \cos \alpha$
 $\tan \alpha = \frac{a}{b}$
 $\cot \alpha = \frac{b}{a}$
 $a = b \tan \alpha$
 $b = a \cot \alpha$

TRIANGLE RECTANGLE



$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$
 $c = (a \cos \beta) + (b \cos \alpha)$
 $a^2 = b^2 + c^2 \pm 2bc \cos \alpha$

α : alpha
 β : bêta
 γ : gamma

TRIANGLE QUELCONQUE